

KARDOS LAJOS

# A neuro- pszichikus információ eredete

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

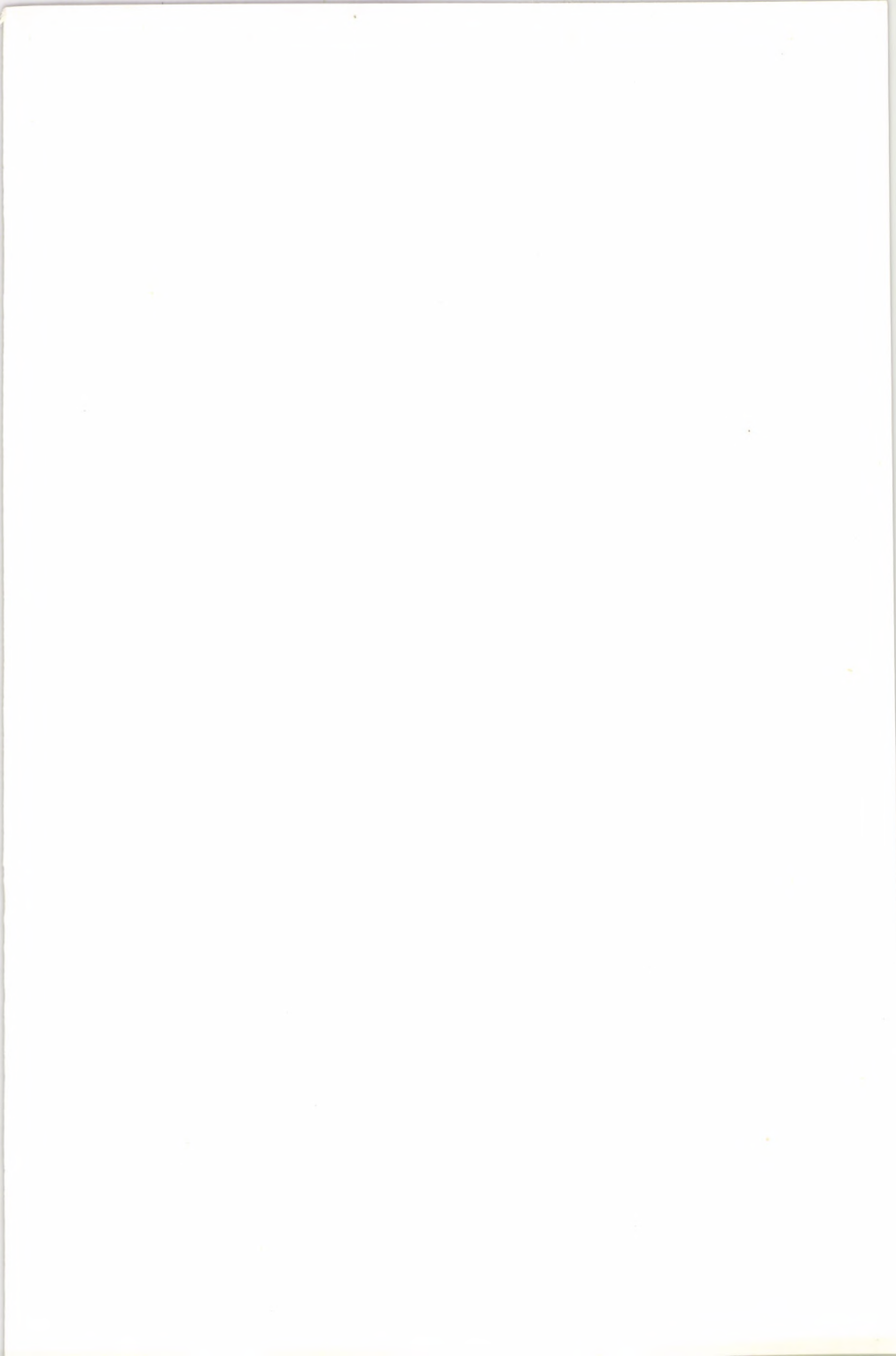
KARDOS LAJOS

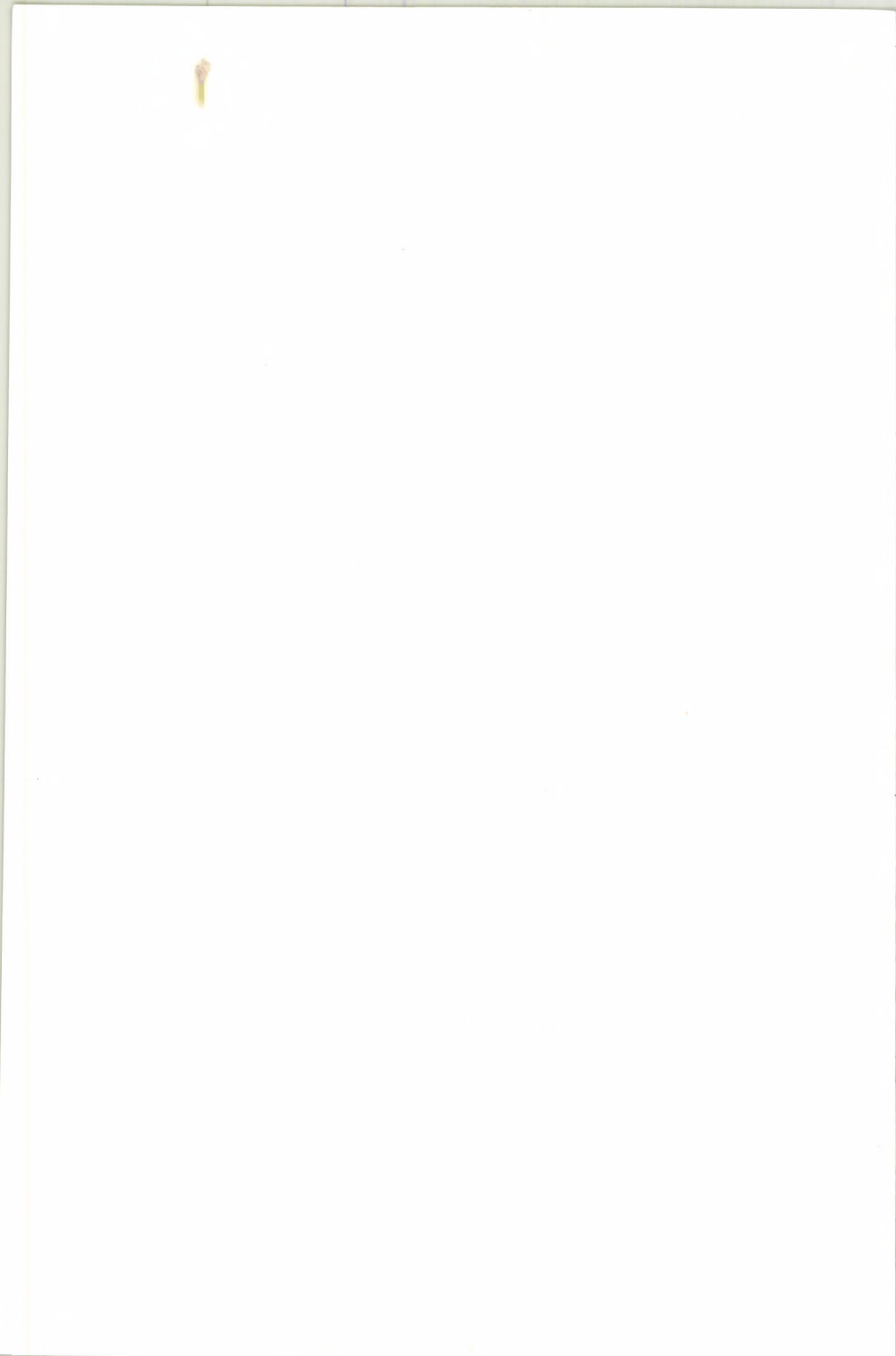
# A neuro- pszichikus információ eredete

Ebben a könyvben a szerző több évtizedes kutatásait foglalja össze az érzékelés természetének és organizmustájékoztató szerepének kérdéskörében. Interdiszciplináris megközelítéssel fejt ki álláspontját az *adiafor determinációs skémáról*, azaz a környezetből származó, annak biológiai jelentőségét reprezentáló fiziko-kémiai hatásoknak mint „jelzéseknek” és „információknak” a szerepéről, az idegrendszerben történő felerősödésükről és egyre bonyolultabb belső vezérlési elvekké alakulásukról. A pszichikus jelenség végtelen gazdag problematikáját ostromolja a szerző annak keletkezése területén, s ehhez a klasszikus pszichológiai ismereteket csakúgy felhasználja, mint az etológia, a sejttan, a neurofiziológia stb. eredményeit. Munkája az alapokat kutatja, s mindenekelőtt a pszichológia és a neurofiziológia szakembereihez szól.



AKADÉMIAI KIADÓ • BUDAPEST





A NEUROPSZICHIKUS  
INFORMÁCIÓ EREDETE



KARDOS LAJOS

# A NEUROPSZICHIKUS INFORMÁCIÓ EREDETE



AKADÉMIAI KIADÓ • BUDAPEST 1976

KARDOS LAJOS

A NEUROPSZICHIKUS  
INFORMÁCIÓ ERŐSÍTÉSÉNEK  
KÉRDÉSEI

ISBN 963 05 0849 4

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1976 · Kardos Lajos

Printed in Hungary



## TARTALOMJEGYZÉK

<b>I. A CSELEKVÉS DETERMINÁCIÓJÁNAK PROBLÉMÁJA</b>	<b>9</b>
1. Bevezetés. Az organizmust érő hatások osztályozása	9
2. Az alapprobléma felvetése. A megoldás szükségszerű mozzanatai	16
3. A megoldás biológiai feltételei. Az adiafor determinációs szkéma	21
4. Az „ideális” megoldás igazolása kiindulási példánkon	27
5. Az adiafor determináció további formái. Az ingerfogalom	37
6. A „megelőző” cselekvés pontosabb meghatározása	44
7. Az adiafor hatás átminősülése életfolyamattá	51
<b>II. AZ ÁLLATI MOZGÁS IRÁNYÍTOTTSÁGA</b>	<b>59</b>
8. A megelőző cselekvés elsődleges formái	59
9. A taxisok különleges determinációs problémája	65
10. Az állati mozgás irányítottsága	71
11. Az állati mozgás vezérlése	76
12. A lokomóció irányítottságának halmazelméleti alapfeltétele	80
13. A környező valóság adiafor leképezése	89
<b>III. AZ ADIAFOR HATÁS MINT INFORMÁCIÓ. AZ ÉRZÉKELÉS</b>	<b>96</b>
14. Az adiafor determináció és a „jelzés”	96
15. Az adiafor leképezés további következménye: a „totális” viszony kialakulása a környezettel	105
16. Az adiafor hatások elvétele mint információ. Az érzékelés	109
17. A mechanikus környezeti hatások és az adiafor determináció	116
18. A kontaktrepció különleges problémái és további formái	127

<b>IV. AZ ELMÉLET ÁLTALÁNOS BIOLÓGIAI ÉS PSZICHOLÓGIAI IMPLIKÁCIÓI</b>	<b>134</b>
19. Az eddigiek összefoglalása és kiegészítése	134
20. A cselekvésben és annak adiafor determinációjában szereplő $\eta$ -változók közelebbi természete	141
21. Eredet és fejlődés. Leontyev és Zaporozsec elmélete a lelki élet fejlődéséről	152
22. Az információ felhasználásának elvi lehetőségei: a közös kauzál-kondicionális eredet „kiderülése” és a cselekvés kapcsolódása az információhoz	161
23. A megelőző cselekvés „célirányossága”. Sommerhoff elmélete	171
<b>V. AZ ADIAFOR DETERMINÁCIÓ MÁSODLAGOS ALKALMAZÁSA. A PROPRIOCEPCIÓ</b>	<b>182</b>
24. Adiafor determináció — „kerülő úton”. A propriocepció ősi formái	182
25. A propriocepció visszaváltása exterocepcióra. A hallás	189
26. A „kerülő út” kiiktatása. A visszacsatolás elve és a kinesztézis	194
27. A kinesztézis visszaváltása exteroceptív funkcióra. A haptikus érzékelés	202
<b>VI. A CSELEKVÉS ADIAFOR DETERMINÁCIÓJÁNAK TOVÁBBI ALAKULÁSA. INTEROCEPCIÓ ÉS MOTIVÁCIÓ</b>	<b>208</b>
28. Adiafor folyamatok és belső integráció. Az interocepció	208
29. Interocepció és belső veszélytörténés I.	215
30. Interocepció és belső veszélytörténés II. A szükségállapotok	220
31. A veszélytörténés és az arról szóló információ különleges cselekvésdetermináló szerepe. A motívum	229
32. A motivációs funkció kiterjesztése	237
<b>VII. AZ ADIAFOR DETERMINÁCIÓ PARADOX ALKALMAZÁSA. AZ EMÓCIÓ</b>	<b>245</b>
33. A testfelületet érő káros hatások és a fájdalomérzékelés	245
34. Az adiafor determináció paradox alkalmazásának tükröződése az élményjellegben	252

35. Az „elviselhetetlen” információ biológiai jelentősége és fejlődés- történeti távlatai	258
36. A kedvező hatás szerepe a cselekvés determinációjában. A pozitív érzelmek	263
37. Megerősítés és emocionális hatás	273
38. Befejezés és visszapillantás	280
IRODALOM	292



# I. A CSELEKVÉS DETERMINÁCIÓJÁNAK PROBLÉMÁJA

## 1. Bevezetés. Az organizmust érő hatások osztályozása

Néhány ismert biológiai összefüggést és sokat használt fogalmat fogunk a következőkben röviden szemügyre venni és bizonyos mozzanatok kiemelésével némileg átfogalmazni. Ennek az átfogalmazásnak, mint látni fogjuk, fontos szerepe lesz abban, hogy bizonyos problémákra élesen ráeszmélhessünk. Az olvasó elnézését kérjük ezért a pár oldalért, mely talán számára valójában nem mond újat, de majd megkönnyíti, hogy az ez után következő újat teljes jelentőségében megértse.

Az élő állati organizmus — sajátos anyagi rendszer, melynek leírásához a jellegzetességek három csoportját adhatjuk meg. 1. *Morfológiai sajátosságok.* Ide tartozik mindaz, amit a morfológiai tudományok, az állatrendszertan, az anatómia, a szövettan és a sejttan egy adott organizmusról megállapítanak. Vonatkozhatnak e sajátosságok, mint a felsorolásból kitűnik, az élő organizmus egészére — a testformára, a testalkatra — vagy a test részeire — szervi rendszereire, szerveire —, vagy a szövetekre, a sejtekre és még kisebb alkotóelemekre (mint pl. a sejtmag, a dendriték, a hemoglobin, a kromoszómák és hasonlók). Felöllelhetik továbbá — a formai és szerkezeti tulajdonságokon túl — az alkotórészek kémiai tulajdonságait, vagyis összetételét és vegyi szerkezetét. 2. *Fiziológiai sajátosságok.* Ide tartoznak mindazok a folyamatok, melyek az élő állati organizmusban állandóan, periodikusan vagy ismétlődően, de nem szigorú periodicitással, esetleg csak egyszer (pl. valamilyen sérülés regenerációja vagy a herék leereszkedése a scrotumba a születés előtt) végbemennek. E történések lehetnek fizikai folyamatok: mozgás (pl. vérkeringés), hőáramlás, elektromos potenciálingadozások — vagy kémiai (biokémiai) változások és alakulások. 3. *Etológiai sajátosságok.* Ezek az organizmus olyan megnyilvánulásai, amelyek a környezethez való (téri vagy más jellegű) viszonyát vagy magát a környezetet megváltoztatják; pl. a test egy részének, egy végtagnak

elmozdulása (a környezethez és a test többi részéhez viszonyítva) vagy az egész test elmozdulása (a végtagok együttes mozgása következtében), vagy olyan mozgások, melyeknek eredményeként történik vagy megváltozik valami a környezetben: pl. az állat elmozdít (vagy éppen rögzít, „lefog”) egy környezeti tárgyat, átformálja (megrongálja, szétharapja vagy összerakja, pl. fészket), anyagokat bocsát a környezetbe (salakanyagokat), folyadékot fecskendez ki a testből, vagy párologtat el a testfelületről és hasonlók. Legtöbb esetben e változásokat, melyek kívülről (az organizmus környezetéből) is észlelhetők, „viselkedés” néven tartják számon.

A felsoroláshoz két megjegyzést fűzünk: 1. a felsorolás – speciális célkitűzésünknek megfelelően – tisztán deskriptív jellegű. Nem veszi figyelembe a sajátosságok egymáshoz való viszonyát. A különböző csoportokba tartozó sajátosságok természetesen egymást meghatározhatják; tudományos elemzésük sem történhet egymástól függetlenül, amint erre a későbbiekben számos példát hozunk. 2. A felsorolt sajátosságok mindhárom csoportja jellegzetes változásokon megy át az állati egyed ontogenezise során – az osztódásból eredő félszejttől, a spórától vagy a megtermékenyített csírasejttől egészen a teljes értékű organizmusig. Ezek az ontogenetikai sajátosságok. A következőkben e sajátosságok nemigen fognak szerepelni.

Mindezek a jellegzetességek egy fajon, sőt egyetlen egyeden belül is, mind minőségileg, mind mennyiségileg variálhatnak – mindenesetre meghatározott tartományon belül. Tehát felfoghatjuk őket – bizonyos jellegű elemzés számára, mint pl. a kibernetikai megközelítésben – *változóknak*. Legtöbbjük ún. *lényeges változó*. Ez a következőt jelenti: ahhoz, hogy az organizmus mint élő anyagi rendszer fennmaradjon, vagy egyszerűbben: életben maradjon, *e változóknak meghatározott értéktartományon belül kell maradniuk*. Nevezzük e változókat  $\eta$ -változóknak, és a megkövetelt tartomány legyen  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_h$ . Ha a változó pl. az  $\eta_r$  értéket veszi fel, az organizmus mint élő anyagi rendszer megszűnik, vagyis „meghal”.\*

\* A jelölésben ASHBY-t követjük – némi módosítással;  $\delta$  a lényeges változókat E-változóknak nevezi, s csak a megkövetelt tartományon belüli

Néhány szót a „változó” fogalmáról (mert esetleges pontatlan használata később zavart okozhat). Ezt a fogalmat akkor használjuk, amikor az elméleti elgondolás számára (akár csak átmenetileg) csak az fontos, hogy az illető valóságmozzanat változik vagy változhat, és ez valamilyen más változással összefüggésben lehet (akár mint oka, akár mint következménye, vagy akár csak mint elméletben hozzárendelt függvényérték). Bármely valóságmozzanat – tárgy, folyamat, tulajdonság – felfogható tehát mint változó – meglepő módon maga a változás is, mert adott esetben a változás módja (mértéke, iránya stb.) variálhat; pl. változó a fizikában a gyorsulás is, melynek lényege: változás (a sebesség változása). A biológiai jelenségekre alkalmazva: változónak tekinthető egy tetszés szerinti morfológiai egység, pl. a máj vagy annak formája, de változó lehet a Golgi-féle testecskek alakja és nagysága vagy a tengelyfonal vastagsága; fiziológiai változó a pulzusszám, az idegimpulzus terjedési sebessége (a rost vastagságától függően) és hasonlók. Lehet valamilyen állapot is, pl. a húgyhólyag telítettségi állapota egy adott időpontban. Külön szólunk az etológiai változókról. Ilyen változó lehet egy átfogó etológiai egység, pl. a magzatápoló-viselkedés, a lokomóció módja stb. De lebontható kisebb változókra, mint végtag- vagy testrészmozgásokra; így változónak tekinthető pl. a kar extenziója. A lebontás még tovább mehet: változó lehet a végtag helyzete (viszonyítva a törzshöz); a kar kinyújtása felfogható mint e változók (a kar helyzetei) folytonos sora (a kar helyzete az idő függvényében). Majd látni fogjuk, hogy későbbi meg gondolásainkban elsősorban a végtagok, a törzs és az egész test helyzetei (egymáshoz vagy egy stabil földi koordináta-rendszerhez viszonyítva) fognak mint etológiai változók szerepelni.

Az élő organizmusnak – minthogy „nyílt” anyagi rendszer (BERTALANFFY, L., 1950) – ahhoz, hogy életben maradjon, vagyis

értékeket jelöli  $\eta$ -val. Mi végig az utóbbi jelölést használjuk, mert a tartományon kívül eső értékek további meg gondolásainkban nem szerepelnek, viszont, mint látni fogjuk (s amint ASHBY is teszi), a megkövetelt tartományon belül egy szűkebb tartományt is el kell különítenünk. Helyesebbnek tartjuk, ha a jelöléseket nem szaporítjuk, és egységesen  $\eta$ -változókról beszélünk (ASHBY, W. R., 1961).

hogy egy meghatározott dinamikus egyensúlyt fenntartsion, állandóan anyagokat kell felvennie a környezetből. Fennmaradásának feltétele tehát, hogy környezete ezeket az anyagokat tartalmazza. Továbbá szükséges, hogy közvetlenül energiát is vegyen át környezetéből, ami úgy valósul meg, hogy bizonyos hatások – hő, fény stb. – érik. Fennmaradásának tehát az is feltétele, hogy ilyen hatások ériék. Mindezek a feltételek a Föld bolygón nagyjából adva vannak. Gyakran beszélnek az organizmus és a környezet kölcsönhatásáról, minthogy az organizmus nemcsak felvesz anyagokat és energiát a környezetből, hanem le is ad a környezetnek; vagy így fogalmazzák: az organizmus és környezete „egységes rendszert” alkotnak, pl. az organizmus entrópiája csak a környezet „rovására” csökkenhet. Mégis világosan látni kell, hogy ebben a kölcsönhatásban vagy egységes rendszerben a partnerek (az organizmus és a környezet) szerepe nagyon különböző. A környezet nincs „rászorulva” az organizmusra – ahhoz, hogy „fennmaradjon” – csak megfordítva.

Bennünket itt elsősorban a környezeti hatások érdekelnek. Az életben maradáshoz szükséges hatásokon kívül az élő organizmust természetesen sok más, a környezetből jövő hatás éri. Érheti olyan, melynek eredményeként az  $\eta$ -változók (néhány vagy akár csak egy) a megkövetelt tartományból kikerülnek; az organizmus ez esetben elpusztul, mint élő rendszer megszűnik létezni. A két véglet – a szükséges és a letális változat – között a környezetből jövő, külső hatások sokfélesége helyezkedik el; ezeket fogjuk most bizonyos szempont szerint vizsgálni és osztályozni.

A fenti, a faj minden egyede számára szükséges környezeti hatásokat néha – kissé pongyolán – „kedvező” hatásoknak is nevezik. De kedvező környezeti hatások lehetnek olyanok is, melyek nem általánosan szükségesek – olyanok, amelyekre a faj egyes egyedeinél esetleg sohasem kerül sor (pl. gyógyszerek hatása az organizmusra). A „kedvező” és „kedvezőtlen” környezeti hatások megkülönböztetésében egy másik, ugyancsak nagyon kézenfekvő osztályozási szempont érvényesül.

Pontosabb meghatározásához vissza kell térnünk az  $\eta$ -változókhöz. E változóknak, mint mondtuk, bizonyos megkövetelt, „életben maradási” tartományon belül kell maradniuk. Mégis



variációik ezen a tartományon belül nem egyenértékűek. E tartományon belül egy kisebb *optimális tartományt* emelhetünk ki. Ha az  $\eta$ -változók értéke ezen belül marad, a rendszer „egészséges” vagy „ép”, ha az optimális tartományból kikerül, a rendszer nem „hal meg”, csak „beteg” vagy „csökkent értékű”. A betegség lehet átmeneti, vagyis az  $\eta$ -változók újra visszatérhetnek az optimális tartományba („gyógyulás”), vagy tartós; a csökkentértékűség általában tartós (különösen, ha morfológiai változokról van szó, pl. valakinek hiányzik az egyik veséje vagy az egyik karja). Az optimális tartományt gyakran „fiziológiaiainak” is nevezik, pl. az emberi test hőmérsékletének ingadozása bizonyos fiziológiai határok között. A morfológiai változók még az optimális tartományon belül maradnak, ha pl. valaki leborotválja a szakállát, vagy levágja a körmét, sőt az optimális tartományt az sem érinti, ha valakinek az egyik karján a musculus palmaris hiányzik. Sajátosságosan alakul a helyzet az etológiai változóknál; itt az optimális tartomány igen széles. Ennek különleges jelentősége lesz későbbi megfontolásainkban; a megfelelő összefüggésben visszatérünk rá.

Ezek után a *környezetből jövő hatásokat* nemcsak a megkövetelt tartományra vonatkoztatva *osztályozhatjuk* — vagyis nemcsak a szerint, hogy a hatás eredményeként az  $\eta$ -változók a megkövetelt tartományon belül maradnak-e (szükséges hatások), vagy abból kikerülnek (letális hatások) — hanem a *szűkebb optimális tartományra vonatkoztatva is*. Ha a hatás következtében az  $\eta$ -változók (néhány vagy akár csak egy) kikerülnek az optimális tartományból, *kedvezőtlen hatásról*, ha a hatás következtében visszakérülnek oda, *kedvező hatásról* beszélünk. Eszerint kedvező hatás értelemszerűen csak akkor érheti az organizmust, ha az  $\eta$ -változók (illetve közülük néhány vagy egy) már kikerültek az optimális tartományból; más esetben a kedvező hatás tárgytalán. Ez a korlátozás gyakorlatilag — különösen az emberi organizmusnál — nemigen számít, mert úgyszólván sohasem következik be az az ideális állapot, melyben valamennyi  $\eta$ -változó az optimális tartományon belül marad. Mégis, mint látni fogjuk, a későbbi fejlődés során ennek az egyenlőtlenségnek — kedvező és kedvezőtlen között — különleges jelentősége van.

Nevezzük a szükséges és a letális, valamint a kedvező és a kedvezőtlen hatásokat közös szóval *biológiailag releváns hatásoknak*.

Ezekkel ugyanis szembeállíthatók azok a külső hatások, melyek következtében az  $\eta$ -változók variálnak ugyan, de az optimális tartományon belül maradnak, vagyis a *biológiailag irreleváns hatások*, pl. olyanok, amelyek csak azt eredményezik, hogy a vérnyomás vagy a testhőmérséklet a már említett fiziológiai határok között ingadoznak.

Mindeddig, ahogyan azt előre jeleztük, ismert biológiai összefüggéseket adtunk meg – mindenesetre sajátos átfogalmazásban, melyben nagyjából a kibernetika formanyelvét használtuk fel. A következőkben azonban olyasmire mutatunk rá, ami már – legalábbis szokatlan. Van ugyanis a környezetből jövő hatásoknak egy további változata, mely meghatározásaink szerint nem sorolható sem a biológiailag releváns, sem az irreleváns hatások osztályába. Ezek *olyan*, általában kis intenzitású *hatások*, amelyek *el sem érik az  $\eta$ -változókat*. Mindjárt példákat kell felhoznunk, hogy az olvasó egyáltalán tudja, mire gondolunk. A bőrfelülethez hozzáér valami, és igen kis nyomást gyakorol rá (pl. egy 1 g súlyú tárgy nehezedik 1 mm<sup>2</sup>-re), enyhe levegőáramlás vagy levegőrezgések érik a bőrfelületet, bizonyos intenzitás- és hullámhossztartományon belül maradó fény esik a test felületére, kisfokú hőhatás (pl. egy bőrfelületnél kissé – egy tized Celsiusszal – melegebb tárgy ér a bőrhöz), bizonyos gázok, gőzök vagy párák érik el (kis koncentrációban) az organizmust és hasonlók. Elsietett volna azt állítani, hogy ezek valójában nem is „hatások”; a testhez érő tárgy enyhe nyomását a bőrfelület feltartóztatja, vagyis ellennyomást gyakorol rá, a légáramlat enyhén felborzolja az állat szőrét, a levegőrezgés bizonyos pontokon áttevődhet a bőrfelületre, a ráeső fényt a bőrfelület visszaveri vagy elnyeli, a gázok és gőzök a légzőutakba jutva valamilyen kismérvű kémiai hatást gyakorolhatnak a nyálkahártyákra. Bizonyos intenzitásfokon felül ezek természetesen elérhetik az  $\eta$ -változókat, és átmehetnek irreleváns, sőt releváns hatásokba, de önmagukban nem azok. Talán nevezhetnénk őket *ultrairreleváns* hatásoknak, melyekkel az élet szempontjából az organizmusnak nem kell „törődnie” – és a biológusnak sem. Miért is kellene törődnie azzal, vagy számba venni azt, hogy az állat kültakarójára pl. ráesik néhány porszem, amely kissé lenyom néhány szőrszálat, úgy hogy a csekély nyomás (még tovább redukálva, minthogy a szőr-

szál maga hajlékony) áttevődik a külső hámrétegre? Ezek a hatások, mondhatná valaki, biológiailag nem léteznek, regisztrálásuk és valamilyen külön osztályba való sorolásuk szörszálhasogatás (a képletes nyelvi megjelölés mintha éppen az előző példára utalna). Mégis, bármily különösnek tűnhetik is a részletes kifejtés előtt, már most előrebocsátjuk, hogy ezeknek a hatásoknak fundamentális jelentőségük van a tipikusan állati életforma kialakításában és — éppen a leírt jellegzetességük folytán — az állati élet fenntartásának alapját képező működések biztosításában. Ezeket a hatásokat, minthogy még csak nem is irrelevánsak — *adiafor hatásoknak* fogjuk nevezni (a görög *αδιαφοροσ* = közömbös szóból). Ez lesz az egyetlen új terminus, melyet fejtegetéseink során bevezetünk.

Meggondolásaink érvényességét nem érinti az, hogy a megkövetelt vagy az optimális tartomány határai egy adott organizmusnál és egy adott  $\eta$ -változóra nézve konkrétan nehezen adhatók meg. Sőt nehézségekbe ütköznék az is, ha egy adott faj vagy egyed összes  $\eta$ -változóit fel akarnánk sorolni. Annak sincs számunkra jelentősége, hogy a tartományok határai egyedenként, sőt ugyanannál az egyednél különböző alkalmakkor (esetleg különböző szituációkban) ingadozhatnak. Az „egészséges” és „beteg” állapot pontos elhatárolása (vagyis az optimális tartomány határainak megállapítása az éppen szóban forgó  $\eta$ -változóknál) gyakran nehézséget okoz az orvosnak, de azért elméletben ilyen határ létezését tételeznie kell, másképp le kellene mondania orvosi tevékenységéről. Pontos meghatározás helyett legtöbbször megelégszik bizonyos „korlátok” megállapításával, pl. az „ $a_1$ ” állapot még biztosan nem betegség, az „ $a_2$ ” már biztosan az; a határnak valahol a kettő között kell lennie. Az ilyen „határmegközelítést” egy, a matematikából vett eljárással, az ún. DEDEKIND-féle szelettel szemléltethetjük, melyet akkor alkalmaznak, amikor a „határ” számszerűen — helyesebben racionális szám formájában — nem adható meg. Pl. az egyik osztályba sorolják mindazokat a számokat, melyeknek négyzete nagyobb, mint 2, a másikba mindazokat, melyeknek négyzete kisebb, mint 2; ahol az így meghatározott halmazok a számsoron elméletben találkoznak, van  $\sqrt{2}$ . A két halmaz közti űr tetszés szerint szűkíthető, vagyis  $\sqrt{2}$  értéke tetszés szerint megközelíthető.

## 2. Az alaprobléma felvetése. A megoldás szükségszerű mozzanatai

Már mondtuk, hogy az organizmus, ha olyan külső hatás éri, melynek következtében bizonyos  $\eta$ -változók kikerülnek a megkövetelt tartományból, meghal, mint élő anyagi rendszer megszűnik. Nem ez történik akkor, ha az organizmust csak valamilyen kedvezőtlen vagy káros hatás éri, melynek következtében bizonyos  $\eta$ -változók csak az optimális tartományból kerülnek ki, de bennmaradnak a megkövetelt („életben maradási”) tartományban. A tipikus következmény az, hogy az organizmusban bizonyos folyamatok indulnak meg, melyeknek eredményeként az illető  $\eta$ -változók visszakerülnek az optimális tartományba. A folyamat regeneráció, restitúció, gyógyulás és más hasonló néven ismert. A teljes visszakerülés az optimális tartományba, a „restitutio ad integrum” nem mindig lehetséges, de az organizmus mint élő anyagi rendszer – esetleg megváltozott optimális tartománnyal (az illető  $\eta$ -változókra vonatkozóan) vagy csökkent értékűen – fennmarad. Egy példát is hozunk rá (nem mintha ez az egyszerű tény példákkal való illusztrálást igényelne, hanem azért, mert mint látni fogjuk, további elgondolásaink számára – melyek már bonyolultabbak – éppen ez a példa különösen szemléltető): egy sebesen mozgó, éles tárgy közeledik az organizmus felé, neki-ütközik a bőrfelületnek és megsebzí. Erre a seb begyógyulását eredményező folyamatok egész sora indul meg, és pedig automatikusan – ami azt jelenti: *maga a sérülés hívja elő a folyamatokat, melyek őt magát (a sérülést) regenerálják.* A berendezkedés valójában az, amit a kibernetikában „a hiba által vezérelt szabályozásnak” („error controlled regulation”) neveznek; a „hiba” ez esetben az illető  $\eta$ -változók kitérése az optimális tartományból (lényegében ugyanez valósul meg pl. a termosztáttal szabályozott fürdővíznél – az  $\eta$ -változó itt a fürdővíz hőmérséklete). Az organizmusba tehát évmilliók fejlődés eredményeként „beprogramozódott” az, hogy az  $\eta$ -változóknak az optimálistól eltérő variációi (bár sohasem valamennyi) automatikusan előhívják olyan folyamatokat, melyek az illető  $\eta$ -változók értékét az optimális tartományba visszavezetik. A szabályozásnak ez a formája az élő anyagi világban (beleértve a növényeket is) általánosan elterjedt.

Külön is hangsúlyozunk egy mozzanatot, melyre a következők-

ben nyomatékosan és többször hivatkozunk: *a regeneratív jellegű szabályozó folyamat kiváltó oka* — mint minden hiba által szabályozott rendszer esetében — *világosan felismerhető*: maga a károsodás, a „hiba”, melynek helyreállítását a folyamat végül eredményezi. Ennek a megállapításnak a helyességét sem érinti az, hogy az okozás pontos mechanizmusa a legtöbb esetben konkrétan nem adható meg.

A fent felhozott példa vizsgálata akaratlanul felhívja figyelmünket az állati organizmus egy egészen más jellegű megnyilvánulására. Éspedig azért, mert ez a megnyilvánulás — bár egészen más jellegű — mégis *biológiai funkciója szerint pontosan ugyanarra a káros hatásra vonatkozhatik, mint a fent leírt regenerációs folyamat*. Majdnem olyan gyakran, mint az utólagos regeneráció, megfigyelhető az, hogy az állat, amikor a mozgó tárgy feléje közeledik, kilép annak mozgási pályájából — egy reakció, mely bizonyos törzsfajlódási szinten felül minden állatnál természetes módon megjelenik.\* Ennek a reakciónak eredményeként *a káros hatás, melyet a testnek ütköző tárgy okozna, be sem következik*. Hogy a reakció biológiai funkciója a szóban forgó káros hatás megelőzése — éppen úgy, mint ahogy a regeneratív reakció biológiai funkciója *ugyanannak a káros hatásnak utólagos helyrehozása* — teljesen nyilvánvaló és nem diszkutábilis. Továbbá: *a megelőző intézkedés megjelenése is épp olyan törvényszerű, mint a regeneratív funkció*: valahányszor az organizmus felé egy tárgy bizonyos sebességgel közeledik (és bizonyos feltételek adva vannak, pl. feje és érzékszervei megfelelően helyezkednek el), az állat kilép a tárgy mozgási pályájából. — Most kérem az olvasót, hogy pillanatnyilag tekintsen el a jelenség mindennapiságától, sőt: átmenetileg „feledkezzék meg” mindenről, amit a jelenségről tapasztalatból vagy tanulmányaiból „tud”; ez a további fejtegetések követésében némileg zavarná.

\* Ez a reakció mindeddig viszonylag kevésbé keltette fel az etológusok érdeklődését. Csak újabban hívta fel rá a figyelmet GIBSON (J. J., 1958), akinek iskolájában összehasonlító lélektani vizsgálatokat is végeztek, melyek kifejezetten a közeledő tárgy elől való kitérő reakció közelebbi természetére és feltételeire irányultak, éspedig különböző korú rhesus-majmokon (SCHIFF, W., CAVINESS, J. A. és GIBSON, J. J., 1962), rákokon (*Uca pugnans*), békákon (*Rana pipiens*), házi csirkéken, gyermekeken és felnőtteken. (SCHIFF, W., 1965.)

Egyelőre a következő kérdést tesszük fel: *mi indítja meg, mi váltja ki a példánkban szereplő megelőző reakciót?* Valamilyen kiváltó oka nyilván van. Az aktuális választ természetesen mindenki tudja, de már e válasz előtt bizonyos *általános érvényű, elvi megállapításokat* tehetünk a válaszra vonatkozóan, melyek majd az aktuális választ – mely egyszerűen ténymegállapítás – különleges megvilágításba helyezik.

Kétféle kiváltó okra gondolhatunk: 1. valamilyen, az organizmust kívülről érő hatásra vagy 2. valamilyen belső indítékra, mely minden kívülről jövő hatástól független. A „belső indíték” pontosabban azt jelenti, hogy az organizmusban végbemenő folyamatok az adott időpontban – pl. 2 perccel a káros hatás bekövetkezése (a mozgó tárgynak az organizmussal való összeütközése) előtt – olyan szakaszba érkeznek, melyben a reakciót kiváltó közvetlen ok fellép (nagyjából úgy, ahogyan az ébresztőóra egy meghatározott időpontban csenget). Világosan felismerhető, hogy a belső indíték feltételezése irreális abban az esetben, ha a káros hatáshoz vezető történés fellépése a környezetben (tehát pl. az, hogy egy hegyes tárgy bizonyos sebességgel az organizmus felé mozog) *akcidentális, véletlenszerű*, vagyis fellépésének időpontja (vigyázzunk: nem pusztán a fellépése) még megközelítő valószínűséggel sem adható meg. Nyilván nem tételezhetjük fel, hogy valamilyen szerencsés véletlen folytán ezek az indítékok a kellő időpontban, röviddel a káros hatások bekövetkezése előtt, mindig fellépnek. De azt sem tételezhetjük fel, hogy valamilyen fejlődés eredményeként olyan anyagi rendszer előállhatott volna, melybe ilyen akcidentális eseményeket minden esetben bizonyos idővel megelőző belső indítékok fellépése beprogramozódhatott volna. (Az olvasónak úgy tűnhetik, hogy valamilyen „természetességet” szükségtelen részletességgel bizonyítunk. Hogy ez nem így van, főként a későbbiekben fog igazolódni, de már most rámutathatunk arra, hogy a probléma egészen másképp alakul, ha az organizmust nem akcidentális, hanem valamilyen szabályszerűséggel, pl. periodikusan érő hatásokról van szó. Reakciók kiváltása, melyek ilyen hatásokat kellő idővel megelőznek, történhetnek – mint ahogy az élő organizmusoknál gyakran történik is – megfelelő programozás eredményeként fellépő belső indítékokra. Ezekre később még visszatérünk.)

Marad a másik lehetőség (az 1. számú): *a reakciót valamilyen, a környezetből jövő hatások indítják meg*. Ezekről a hatásokról is, mielőtt tényleges természetüket megadnók (ami egyébként példánkban — az organizmus felé közeledő tárgy esetében — közismert), a szituáció mélyebb elemzése alapján fontos — és talán azt is mondhatjuk: érdekes — megállapításokat tehetünk. Az 1. számú lehetőség magában foglalja a következőt: a káros hatást, pl. azt, hogy egy tárgy beleütközik az organizmusba, mindig vagy leglábbis rendszerint megelőzi (variábilis időtartammal) egy másik külső hatás, mely az organizmus különleges szerkezete folytán kiváltja a reakciót — azt a reakciót, melynek eredményeként a káros hatás be sem következik (az állat kilép a közeledő tárgy mozgási pályájából). Megkérdezhetjük: ha nem tartottuk lehetségesnek, hogy az organizmusban fellépjenek belső indítékok, melyek mindig (vagy legalábbis rendszerint) bizonyos idővel megelőznek teljesen véletlenszerűen bekövetkező káros hatásokat, lehetségesnek tarthatjuk-e, hogy ilyen megelőző *külső hatások* fellépjenek? Hogy erre válaszolhassunk, kissé közelebről rá kell eszmélnünk a tényállásra. A káros hatás, mely az organizmust éri, bizonyos környezeti történések eredménye, vagy bizonyos környezeti feltételekhez, előzményekhez kötött. Pontosan ugyanez áll arra a külső hatásra is, melyről feltételeztük, hogy hosszabb-rövidebb idővel mindig megelőzi a káros hatást. A fenti kérdésre *igennel* válaszolhatunk, ha *a két környezeti történések vagy környezeti előzmény* (egyik, mely a káros hatáshoz, a másik, mely az azt megelőző hatáshoz vezet) *egymástól nem függetlenek*. Ha ugyanis függetlenek volnának, a megelőző hatás fellépését ugyanúgy valamilyen ismétlődő szerencsés véletlennel kellene magyaráznunk, mint a fent tárgyalt belső indítékét. (Az organizmus esetében még felvetődött az a lehetőség, hogy a belső indítékok megfelelő időzítése valamilyen hosszú fejlődés eredményeként az organizmusba beprogramozódott; a környezeti történések esetében nyilván ez a lehetőség elesik.)

Adva van tehát két történések a környezetben: az egyik, amelyik a káros hatáshoz vezet (példánkban: a tárgy mozgása az organizmus felé); a másik történések szintén eléri az organizmust és ugyancsak valamilyen hatást gyakorol rá. Megállapítottuk, hogy a két történések nem lehet független egymástól. Ez közelebről azt jelenti:

ha ez egyik (a káros hatáshoz vezető) végbemegy, a másik is végbemegy – ami nem egyéb, mint valamilyen okozati viszony vagy összefüggés. Ez – első rácszmelés alapján – kétféle formában képzelhető el: 1. *A kettőnek közös oka vagy feltétele van.* Pl. ugyanaz a robbanás, mely a golyót a lőfegyverből kiröpíti, a levegőt is rezgésbe hozza (dörrenés); a kettőnek tehát közös oka van: a robbanás. De közös feltételei is vannak; pl. az, hogy a töltényben robbanó töltet van, mindkét történésnek közös feltétele. Néha, mint látni fogjuk, a közös feltétel mérvadó. 2. *Az egyik történés teljes vagy részleges felidézője a másiknak.* Pl. ha a tárgy mozog, vele mozog az árnyéka (részleges felidézés, mert az árnyékvetéshez a fényt nem a mozgó tárgy szolgáltatja), vagy a már kilőtt puskagolyó egyúttal a levegőt is rezgésbe hozza (süvít – teljes okozás). Behatóbb elemzésnél azonban világos, hogy mindkét forma visszavezethető ugyanarra a mozzanatra: közös okozati vagy feltételbeli (kondicionális) eredet – amit a következőkben röviden *közös kauzál-kondicionális eredetnek* fogunk nevezni. Ez áll a 2. formára is. Végső soron ugyanazok a feltételek és okok, melyek a tárgy mozgását determinálják, felelősek – legalábbis részben – az árnyék mozgásáért is; ugyanaz az ok (a robbanás) vagy feltétel (a robbanó töltet jelenléte), mely a puskagolyó mozgását a távolban (pl. 500 m-re a kilövés helyétől) meghatározza, meghatározza a süvítő hangot is (ugyancsak 500 m-re a kilövés helyétől). Még egyszer leszögezzük – mert fejtegetéseinkben alapvető szerepe lesz: két történést közös kauzál-kondicionális eredetűnek fogunk tekinteni, ha a kettőnek közös oka vagy közös feltétele van – vagy ami egyiknek oka, a másiknak feltétele. Itt nem bocsátkozhatunk az „ok” és „feltétel” fogalmi megkülönböztetésének kérdésébe, vagy abba, hogy vajon a kettő elválasztása teljesen jogosult-e; számunkra ugyanis a továbbiakban a fogalmi minősítés (vagyis az, hogy egy jelenség oka-e vagy feltétele-e valami másnak) nem lényeges. A közös kauzális eredet – „joint causation” – jelentőségét bizonyos alapvető biológiai összefüggésekben SOMMERHOFF is, bár kevésbé gondosan, kifejti; jelentős elgondolásainak kapcsolatát a miénkkel később fogjuk tárgyalni (SOMMERHOFF, G., 1950). A közös kauzál-kondicionális eredetű történések legegyszerűbb változatát már most kiemeljük, mert ez szerepel a következő fejezetben: *az egyik történés (a*



*káros hatáshoz vezető) melléktermékként felidéz egy másik történést, mely szintén eléri az organizmust és hat rá.*

Ilyen jellegű kauzál-kondicionális összefüggés két történés között – mindennapos jelenség. Ami a speciális problémánk szempontjából számba jövő kauzál-kondicionális összefüggést (a sok realizálási lehetőség közül) mégis kiemeli, az *két alapvető követelmény*, melyet ki kell elégítenie. Mind a kettő már az eddigiek alapján nyilvánvaló, de szükségesnek tartjuk, hogy a kettőt külön is megadjuk. A két történés közül az egyiket – mely a káros hatáshoz vezet (példánkban: a tárgy mozgása az organizmus felé), nevezzük *fő történésnek*. Az *első követelmény* mármost: a másik történésnek, mely a fő történéssel közös kauzál-kondicionális eredetű – *a melléktörténésnek* (ahogyan a következőkben nevezni fogjuk) – *ugyancsak az organizmusra kell irányulnia*, azt el kell érnie és arra hatnia kell. *A második, a fontosabbik követelmény* (ha lehet egyáltalában fontossági sorrendet felállítani) az, hogy ennek *a melléktörténésnek megfelelő idővel korábban kell az organizmushoz elérkeznie és arra hatnia, mint a fő történésnek*. Az utóbbival közös kauzál-kondicionális eredetű melléktörténésnek *előre kell szaladnia, nagyobb sebességgel* (vagy terjedési sebességgel) *kell bírnia, mint a fő történésnek*.

### **3. A megoldás biológiai feltételei.**

#### **Az adiafor determinációs szkéma**

Mindaz, amit eddig elmondtunk, szükségszerűen, a jelenség természetéből szigorú logikával folyik. Ha az állati organizmusoknál megfigyelhető, hogy bizonyos káros hatások bekövetkezését megelőzően mindig olyan megnyilvánulások lépnek fel, melyeknek eredményeként a káros hatások be sem következnek – vagy kezeletűbb, de kevésbé pontos fogalmazásban: a káros hatásokat elkerülik –, akkor szükségszerűen igaznak kell lennie annak, hogy a megelőző intézkedések fellépését olyan külső hatások determinálják, melyek a káros hatáshoz vezető történéssel, a fő történéssel, a fent leírt kauzál-kondicionális viszonyban vannak, és az ugyancsak fent megadott két követelménynek eleget tesznek. Amit a következőkben kifejtünk, már nem folyik szigorú logikái

szükségszerűséggel a tényekből, de nagyon plauzibilis biológiai megfontolásokra támaszkodik.

A külső hatásokkal kapcsolatban, melyek a megelőző intézkedések fellépését determinálják, feltehetjük még a következő kérdést: *milyen jellegűek biológiai jelentőségük szempontjából – vagyis: az első fejezetben ismertetett osztályok melyikébe tartoznak – ezek a külső hatások?* Erről is, mielőtt még konkrét megnéznők, milyenek valójában azok a külső hatások, melyek példánkban a megelőző cselekvést ténylegesen kiváltják, fontos és általános érvényű megállapításokat tehetünk.

Egy valamit minden további nélkül beláthatunk: *a környezeti hatások, melyek e megelőző intézkedéseket (példánkban a kitérészt az organizmus felé mozgó test pályájából) kiváltják, nem lehetnek maguk is káros hatások – ugyanolyanok, mint amelyek bekövetkezésének elhárításához mint indítékok, éppen szükségesek.* Ez esetben ugyanis az egész berendezkedésnek nem volna biológiai értelme – az organizmusnak továbbra is valamilyen regenerációs folyamathoz kellene folyamodnia, hogy az  $\eta$ -változók (melyeket az új káros hatás alterált) az optimális tartományba visszakerüljenek.

Biológiailag „félmegoldás” volna a következő: *a kiváltó külső hatások ugyancsak károsak, de kisebb mértékben, mint az elhárítandó hatás.* Regenerációjukat az organizmus könnyebben megoldaná – viszont az általuk előhívott intézkedés segítségével mentesülne a további károsodástól. Ez szigorúan véve azt jelentené, hogy szükségszerűen maradnak bizonyos kisebb fokú károsodások, melyektől az organizmus már nem mentesülhet, és arra kényszerül, hogy azokat regeneráció útján utólag helyrehozza. Ez a megoldás biológiailag nyilván tökéletlen.

A további lehetőség: *a káros hatásokat rendszeresen megelőzik biológiailag irreleváns hatások, amelyek az  $\eta$ -változókat az optimális tartományból nem térítik ki, csak azon belül tolják el – tehát regeneratív intézkedést nem vonnak maguk után. Ilyen hatások hívnák elő a megelőző intézkedést, melynek eredményeként a káros hatás be sem következne.* Nyilvánvaló, hogy ez már biológiailag jó megoldás volna.

E megoldáshoz meg kell gondolni a következőt: az irreleváns külső hatások esetén az  $\eta$ -változók az optimális tartományon

belül maradnak ugyan (pl. a vérnyomás vagy a testhőmérséklet kismértékű változása és hasonlók), de az optimális tartományok vannak határai; így minden mégoly kismértékű változás — ha az élet pillanatnyi státusát nem is érinti — vagy közelebb hozza az illető  $\eta$ -változókat ezekhez a határokhoz, vagy távolabb viszi azoktól, tehát bizonyos mértékben vagy növeli az esélyeit egy még további — és már káros — eltolódásnak, vagy csökkenti. Az idevonatkozó valószínűségek romlása vagy javulása még a gyakorlatilag teljesen irreleváns külső hatásoknál is fennáll. Az optimális tartományon belül is van (bizonyos  $\eta$ -változók kivételével, melyekről később szó lesz) egy abszolút optimális pont, amely az életben maradást nemcsak biztosítja, hanem további károsodások bekövetkezésének valószínűségét is *a lehetséges minimumon* tartja. A külső hatás károsága nyilván attól is függhet, hogy az általa alterált  $\eta$ -változók már eleve milyen közel vannak az optimális tartomány határaihoz. A jó megoldás, mely a megelőző intézkedés kiváltását ilyen irreleváns hatásokra bízna, tehát még mindig magában rejtene bizonyos kockázatot az élet biztosítása szempontjából, amennyiben adott esetben bizonyos káros hatások bekövetkezésének esélyeit növelné. Hogy ez a kockázat adott esetben elhanyagolható, más esetben igen nagy lehet, elvi megállapításunkat nem érinti.

Mindebből máris következik, hogy az említett kockázattól is mentes, és így biológiailag *ideális megoldás* volna a következő: *a megelőző intézkedéseket adiafor hatások váltják ki*, melyek törvényszerűen a káros hatások előtt fellépnek. Ezek az  $\eta$ -változókat — vagy egyszerűbben, de elnagyoltan: az életet — egyáltalában nem érintik. Ilyen módon az elhárítás minden biológiai károsodás, valószínűségi romlás vagy kockázat nélkül lehetséges volna.

A konkrét vizsgálat előtt (mely hivatva van eldönteni, hogy a fenti lehetőségek közül melyik vagy melyek realizálódhatnak — mert valamilyen realizálódás szükségszerű) már nagyjából leszögezhetjük, hogy a három megoldás: félmegoldás, jó megoldás, ideális megoldás között nincsenek eleve különbségek abban a tekintetben, hogy feltételeik a földi környezetben milyen valószínűséggel vannak adva. Csodálkoznánk azon, ha környezetünk olyan volna, hogy a káros hatásokat (pl. egy sebesen mozgó tárgy közeledését

és beleütközését az organizmusba) minden alkalommal (vagyis törvényszerűen) olyan hatások előznék meg, melyek az organizmus valamilyen életfontosságú működését vagy struktúráját, tehát az  $\eta$ -változókat – akár kismértékben károsan (félmegoldás), akár jelentéktelenül (jó megoldás) – alterálják. Ez a feltételezés egyoldalú volna: a környezetet túlságosan organizmus-vonatkozásúnak látná, vagyis az abban végbemenő folyamatok túl nagy részben olyanok volnának, melyek az organizmust életfolyamataiban érintik. Ezzel szemben nincs okunk kevésbé valószínűnek tartani azt, hogy ha az organizmust a biológiailag káros eseményeket megelőzően egyáltalában valamilyen hatások törvényszerűen érik, ezeknek nincs köztük az  $\eta$ -változóhoz. Vagyis nincs okunk feltételezni, hogy az ideális megoldásnak – azért, mert „ideális” – kisebb realizálási esélyei vannak, mint a másik két megoldásnak.

A megvalósulási feltételek valószínűségével függ össze, hogy egy „megoldási lehetőségre” egyáltalában nem is utaltunk, s most is csak fejtegetéseink logikai rendje kedvéért említjük. Ez az volna, hogy a káros környezeti hatásokat mindig megfelelő idővel megelőzik biológiailag kedvező hatások, és ezek (azon túl, hogy bizonyos  $\eta$ -változókat az optimális tartományba visszavisznek) bizonyos reakciókat hívnának elő, melyek eredményeként az illető káros hatások be sem következnek. Ezt a lehetőséget kizárhatjuk, mert eleve teljesen valószínűtlen, hogy földi környezetünk ennyire kedvező volna az élő világ számára. Mégis, mint látni fogjuk, a gondolkodás bizonyos formában – és bizonyos tények első megközelítésénél – erre a „megoldásra” is rátéved.

Néhány szó magyarázatot kell fűznünk a kifejezésekhez: „a berendezkedésnek nem volna biológiai értelme” vagy biológiailag „tökéletlen”, biológiailag „jó” vagy „ideális”. E kifejezések arra utalnak, amit a biológiai tudományokban „fennmaradási (életben maradási) értéknek” („survival value”) neveznek. A biológiailag „értelmetlen” vagy „tökéletlen” jelző azt jelenti, hogy a berendezkedésnek (vagy bármi másnak, ami az élő organizmusban található) nincs vagy csak alacsony „survival value”-ja van, vagyis: annak az élőlénynek, mely e berendezkedéssel bír, nincs vagy csak kevéssel van több esélye a fennmaradásra, mint annak, amely ilyen berendezkedéssel

nem bír. A megfordítottja áll a biológiailag „jó” vagy „ideális” kifejezésekre. A „fennmaradási érték” fogalma nem foglal magába semmilyen teleologikus mozzanatot. Egy berendezkedés „survival value”-ja nem ad magyarázatot arra, hogy hogyan jött létre a berendezkedés, hanem legfeljebb csak arra, hogy a (többnyire ismeretlen módon létrejött) berendezkedés miért maradhatott fenn. Ez valójában a darwini koncepció igazi magva.

Már itt elébevágunk egy esetleges ellenvetésnek. Gondolatmenetünk helyessége és megállapításaink érvényessége egyáltalában nem függ attól, hogy a kiindulási példánkban szereplő kitérő viselkedés mennyire elterjedt az állatvilágban. Ha csak egyetlen faj léteznék, mely a feléje közeledő tárgy mozgásának extrapolált pályájából kitér, mielőtt még az összeütközésre sor kerülne, és ha ez volna az egyetlen kívülről fenyegető károsodás, amelynek az illető faj ilyen elhárító viselkedéssel elébevág, gondolatmenetünk akkor is jogosult, és megállapításunk az „ideális” megoldásról akkor is helytálló volna. Legfeljebb arról lehetne szó, hogy a berendezkedés nagyon szűk körben kerül alkalmazásra. Elgondolásunk természetesen csak egy képzelt lehetőségre vonatkozik; a kitérő viselkedés a valóságban meg lehetőségen elterjedt. MILNER a „gyorsan közeledő tárgyak elől való kitérésről” mint a „nem regulatorikus motiváció” egyik formájáról beszél (MILNER, P., 1970, 359. o.). — Annak sincsen gondolatmenetünk helyessége szempontjából jelentősége, hogy bizonyos körülmények között a berendezkedés nem működik, pl. az erdőből az országútra kifutó állat a közeledő gépkocsi reflektorfényének köréből nem lép ki, és így nem tér ki a „közeledő tárgy (az autó)” elől sem. Bizonyos körülmények között fellépő ellenerők hatására a szokványos reakció kiváltása nem következik be.

Mindannak alapján tehát, amit eddig kifejtettünk: *feltételezésünk az, hogy az állati törzsfajlás során az általunk ideálisnak nevezett megoldás valósul meg.* Ennek a feltételezésnek a helyességét kíséreljük meg a következőkben a tényeken — először kiindulási példánkban, majd általánosságban mindenfajta megelőző organikus intézkedés esetében — megvizsgálni. Ennek során, úgy

hisszük, az is kimutatható lesz, hogy az „ideális” megoldás egy egész különleges és nagyszabású fejlődés kiinduló pontjává válik. Előre kell bocsátanunk, hogy vizsgálatunk, éppen azért, mert a tényekhez már meghatározott elméleti felismerésekkel közeledünk, sajátos és itt-ott szokatlan jellegű lesz.

Tanácsos az ideális megoldás szükségszerű előfeltételeit – most már teljességükben – még egyszer megadni. 1. *Az állati organizmus környezete földünkön olyan, hogy az abból jövő káros hatásoknak legalább egy részét fizikai törvények alapján (közös kauzál-kondicionális eredet folytán) ugyancsak a környezetből jövő jelentéktelen, az organizmus életét nem érintő, adiafor hatások előzik meg.* 2. *A megelőzés megfelelő időértékkel történik, vagyis a „megelőzési idő” bizonyos nagyságrendet nem lép túl* (ennek konkrét meghatározása itt még nem szükséges). Az organizmusban magában megkövetelt feltétel: 3. *Az adiafor környezeti hatásokhoz az organizmus olyan reakciója kapcsolódhatik, melynek eredményeként a szituáció megváltozik, és az illető adiafor hatásokat egyébként törvényszerűen követő káros hatás elmarad.* Vagyis az organizmus megelőző intézkedéseinek kiváltói, determinációs bázisai az adiafor hatások – szemben a regeneratív intézkedésekkel, melyeknek kiváltói, determinációs bázisai a már bekövetkezett káros hatások.

A feltételezett adiafor hatások által kiváltott megelőző intézkedés esetén a fenyegetett  $\eta$ -változókkal nem történik semmi – a regeneratív intézkedés esetén az  $\eta$ -változók elhagyják az optimális tartományt, majd oda visszatérnek. Letális környezeti hatás esetén – amikor az  $\eta$ -változók az egész megkövetelt tartományból kikerülnek – a regeneratív intézkedés tárgyitalan. Nyilvánvaló azonban, hogy a megelőző intézkedés ilyen hatással kapcsolatban is eredményes módon lehetséges (nemcsak a felénk közeledő kisebb tárgy, hanem pl. a villamos elől is – amely megölne – kitérhetünk). A megelőző intézkedés óriási fölénye kétségtelen. A megelőző intézkedés fent feltételezett kiváltási módját nevezzük *adiafor determinációs skémának*.\*

\* Sajnálatos, hogy a kifejezés, mellyel formulánkat megadjuk, meglehetősen magyartalan; mindhárom benne szereplő szó – idegen szó. A leggondosabb mérlegeléssel sem tudtam azonban magyar kifejezéseket találni, melyek a használt idegen szavakat teljes értékűen helyettesíthették

Mielőtt a konkrét vizsgálatokra áttérünk, még csak annyit: a berendezkedés — a megelőző intézkedések kiváltása adiafor hatások által — az elfogulatlan konstruktőr szemével nézve, aki esetleg hasonló ön-védelmes szerkezetet akar megtervezni — frappáns, sőt mondhatnánk, szellemes megoldás. Szellemes megoldás — a természet részéről. Ha CANNON allegorikusan „a test bölcsességéről” beszélhetett, ebben az esetben talán „a test szellemességét” kellene megcsodálnunk. A „test” — az *organizmus* — felhasználja az életét semmilyen értelemben nem érintő, jelentéktelen környezeti hatásokat (ilyeneket pl., hogy egy porszem esik a kültakaróra) arra, hogy mentesüljön a káros, sőt letális hatásoktól. Ugyanakkor már most hangsúlyozzuk: bármilyen „szellemes” is az általunk egyelőre csak feltételezett megoldás az élet fennmaradása és fejlődése szempontjából — mégsem szükségszerű. Előrebocsáthatjuk, hogy a berendezkedés — ha egyáltalában, úgy — csak az élőlények egyik birodalmában, az állatoknál realizálódik nagy arányokban, bár kezdeti, mint látni fogjuk, a növényvilágra nyúlnak vissza. Mégis a növényvilág is fennmaradt és fejlődött.

#### 4. Az „ideális” megoldás igazolása kiindulási példánkon

Pontosan meg tudjuk mondani, milyen külső hatások azok, amelyek példánkban a megelőző intézkedést, a kitérést az organizmus felé mozgó tárgy pályájából, kiváltják. A közeledő tárgyról és környezetéből fénysugarak verődnek vissza és érkezik a látóapparátusba, ahol az érzékelő felület megfelelő rétegében levő sejtekre hatnak. Végző soron ez a hatás indítja meg — átalakulások, felerősítések, áttételek és átkapcsolásuk hosszú során keresztül — a megelőző intézkedést.

Ezt a megállapításunkat természetesen nem érinti az, hogy a megelőző intézkedés kiváltásának még sok más feltétele is van (pl. a rezechártya egészséges állapota, az afferens pályák sértetlen-

---

volna. Egyébként a továbbiakban is nemegyszer kényszerülök arra, hogy stiláris igényemet a fogalmazás élességének és pontosságának érdekében leszállítsam.

sége, az idegrendszer aktiváltságának egy minimális foka és hasonló). A valóság kauzális szerkezetére gondosabban ráeszmélve beláthatjuk: minden jelenség bekövetkezéséhez az okok és feltételek egész komplexusa szükséges. Adott esetben ez a komplexus úgyszólván teljes, csak egyetlen okra vagy egyetlen feltétel megteremtésére van még szükség, hogy a komplexus teljessé váljék, és a jelenség bekövetkezzék. Ennek *a még hiányzó oknak a megjelenése vagy a még hiányzó feltétel megteremtése* tulajdonképpen — *az indítás vagy kiváltás alapja*. Ilyen értelemben mondjuk, hogy a közeledő tárgyról és környezetéből jövő fénysugarak hatása indítja meg a történést, mely a megelőző intézkedéshez vezet.\*

Mindenekelőtt látjuk: *valóban külső, a környezetből jövő hatások váltják ki a megelőző intézkedést.*

Az is minden további nélkül felismerhető, hogy e hatásokat — legalábbis részben — maga a káros hatáshoz vezető történést, a tárgy közeledése az organizmus felé, idézi fel és határozza meg. A tárgy, mialatt mozog, a reá eső fénysugarakat meghatározott módon visszaveri, éspedig optikai felületi tulajdonságai (színe), valamint formája és felületi reliefje szerint. Világos tehát, hogy az *a káros hatás*, mely az organizmust érné, ha a megelőző intézkedést nem tenné és *a recehárttyát érő fényhatás: közös kauzál-kondicionális eredetűek*; a két környezeti történést, mely e hatásokhoz vezet, fizikai törvények szerint (amennyiben természetesen

\* Megállapításunkat nem érintik azok a megfontolások sem, melyeknek éppen a kiterő reakció „ingerére” vonatkozóan főként az alakpszichológusok hangot adtak. Az S—R (inger-reakció) formulát bírálva KOFFKA megkísérli bizonyítani, hogy pl. a kiterő reakciónak tulajdonképpen nincs „ingere” (KOFFKA, K., 1935, 369 és kk.). KOFFKA szellemes érvelésére itt nem térhetünk ki, csak utalunk arra, ami annak időtálló magva, s amit GIBSON világosan feltárt: az, ami informál arról, hogy egy tárgy közeledik felénk, természetesen nem egyszerűen „egy inger”, hanem az ingerek egy tér-idői elrendeződése („spatio-temporal array”), valójában egy az inger-situációban lejátszódó esemény, mely mint „magasabb rendű inger” („higher order stimulus”) hat (GIBSON, J. J., 1959). Az ingerfogalomra és az információra később térünk rá; fenti megállapításunk szempontjából azonban a tárgyról és környezetéből jövő fény különleges hatásmódja egyelőre közömbös. Később a kfvülről jövő hatások tér-idői elrendeződésének jelentőségéről is szó lesz.



megint bizonyos feltételek adva vannak, pl. van megfelelő erősségű fényforrás) együtt zajlik le. A tárgy mozgása az organizmus felé a fő történet — ahogyan elméleti fejtegetéseinkben neveztük —, a róla visszaverődő fény sugarégyüttes a melléktörténet.

A két alapvető követelményt is, melyeket a melléktörténetre vonatkozóan felállítottunk, megvalósulva találjuk. 1. A melléktörténet — a tárgyról visszavert fény sugarak — ugyanúgy, mint a fő történet, *az organizmusra irányulnak*; a tárgyfelületek a reájuk eső fény sugarakat általában (speciális esetektől eltekintve) diffúzan verik vissza, úgyhogy a visszavert fény sugarak egy nyalábjá természetesen módon a tárgy mozgási pályájában álló organizmus, pontosabban annak látóapparátusa felé irányul (megint: ha bizonyos feltételek biztosítva vannak, pl. a fej megfelelő helyzetben van). 2. Ugyancsak evidens, hogy *e konkrét melléktörténet megfelelő idővel előbb éri el az organizmust, mint a fő történet*. Előszörban azért, mert a fény terjedési sebessége minden más történet vagy mozgás sebességénél nagyobb; másrészt azért, mert a fő történet bármely korai szakaszából kiindulhat, a mozgó tárgy még elég távol lehet az organizmustól, amikor már a reá eső fényt visszaveri, és az szinte instantán elérheti az organizmust, illetve annak látóapparátusát. A mozgó tárgyról visszavert fény — a szó legteljesebb értelmében — *előreszaladó történet*.

Eddig csak azt igazoltuk — egy konkrét példán —, amit fejtegetéseink alapján eleve szükségszerűnek találtunk. Egyébként is olyan összefüggésekre mutattunk rá, amelyeket bárki könnyen kihámozhat a tényállásból, ha figyelme valamilyen okból azokra irányul. Egészen más jellegű a következő kérdésünk. Ez is természetesen következik abból, amit a megelőző intézkedéseket kiváltó külső hatásokról elméleti megfontolások alapján kifejtettünk. Vajon a példánkban szereplő külső hatás — vagyis az, amelyet a közeledő tárgyról visszavert fény sugarak a retina bizonyos sejtjeire gyakorolnak — olyannak minősíthető-e, amelyet fent adiafor hatásnak neveztünk?

Bár az előző fejezetben elvetettük — mert szinte nevetségesen valószínűtlennek tartottuk — azt a lehetőséget, hogy a megelőző intézkedést kiváltó hatások biológiailag kedvezőek — mégis az első válasz, mely az olvasóból a tényállásra való minden különösebb ráeszmélés előtt már talán kikívánczozik, az, hogy a hatás

konkrét példánkban nagyon is kedvező, hiszen nélküle az organizmus károsodnék, vagy egyenesen elpusztulna. Semmiképpen sem minősülhet tehát – gondolná tovább – irreleváns, s még kevésbé adiafor hatásnak. Világos azonban, hogy a válaszoló ez esetben a „hatás” fogalmát jogtalanul kibővíti: hozzászámítja a megelőző intézkedést, a reakciót is, ami már nem a „hatás” – csak valami, amit a hatás továbbmenően kivált, s amiről előzőleg azt mondtuk, hogy „hozzákapcsolódik” a hatáshoz. A „hatást” ettől a következménytől függetlenül kell szemlélni ahhoz, hogy biológiai jellegét (releváns, irreleváns, adiafor) megállapítsuk. [Akinak ez a szemléletváltás nehézséget okoz, annak figyelmébe ajánljuk a következőt: ilyen alapon a káros hatást (mely bizonyos  $\eta$ -változókat az optimális tartományból kitérít) egyúttal kedvező hatásnak kellene felfogni, mert végül ő maga (a káros hatás) indít meg regeneratív folyamatokat, melyek az illető  $\eta$ -változókat visszaviszik az optimális tartományba, tehát per definitionem kedvezőek. Ez viszont nyilvánvaló abszurditás. – Különös, hogy ennek a példának is van egy nem abszurd változata: van egyfajta károsodás, mely (paradox módon) hasznos, mert az általa kiváltott regeneratív folyamat – túl az éppen alterált  $\eta$ -változók visszatérítésén az optimális tartományba – véd a további, esetleg súlyosabb károsodástól (védőoltás).]

Mégis a fenti válasz alapja nem egyszerűen helytelen fogalomhasználat. A fény közvetlen hatása a retinára és az, amit továbbmenően kivált, olyan természetes egység, melyben nehezen tudjuk (és nem is vagyunk hajlamosak) a közvetlen hatás-részt izolálni. Kérdésfeltevésünket némileg meg kell változtatnunk. Az, amit az előző fejezet végén leszögeztünk, valójában *hipotézis a megelőző intézkedés determinációjának eredetéről*. Vagyis feltételeztük, hogy az adiafor hatásokhoz a *fejlődés során* olyan reakció kapcsolódott, mely az azokat törvényszerűen követő káros hatásoknak elébevá, és azt eredményezi, hogy azok be sem következnek. Konkrétan tehát azt képzeljük el, hogy a közeledő tárgyról visszavert fénysugarak hatása eredetileg teljesen jelentéktelen, lokálisan is korlátozott jellegű volt, semmi továbbit nem idézett fel a primitív organizmusban – de azután *különleges fejlődés és belső szerkezeti átalakulás eredményeként* olyan további folyamatok megindítójává lett, melyek a megelőző intézkedéshez vezettek. Amit tehát plau-

zibilissé akarunk tenni, az a szóban forgó fényhatás *fejlődéstörténetileg elsődleges adiafor jellege*. A „mai” helyzetet egyelőre csak arra vonatkozólag vizsgáljuk, hogy egy ilyen elképzeléssel összeegyeztethető-e.

Az alaptény, melynek jelentőségét elméleti elgondolásaink szempontjából vizsgálnunk kell, a következő: A fény hatása a recehártya fényérzékeny anyagaira élesen különbözik a fény egyéb hatásaitól az organizmusra. A fény a földi élet számára tudvalevően a fő energiaforrás. Közvetlen hatása a növényeknél — és az állatoknál is — általában nélkülözhetetlen; ez a hatás tehát semmiképpen sem minősülhet adiaforának. De, legalábbis eddigi ismereteink szerint, az a fotokémiai hatás, mely a látásnál (legalacsonyabb és legmagasabb formáiban) — sőt valószínűleg minden fototaktikus és fototropisztikus reakciónál érvényesül (ezekről később) — gyökeresen más természetű, mint ami a növényi fotoszintézisnél vagy az állat védőpigmentjeinek képződésénél és vándorlásánál működésbe lép. A különbség alapja a következő: *minden organizmikus mozgás kiváltásánál* — állatnál és növénynél egyaránt —, *mely fényhatásra bekövetkezik*, tehát minden fototaxisnál, fototropizmusnál vagy heliotropizmusnál), valamint a látást megalapozó minden fényhatásnál, *ugyanaz a különleges és jól elhatárolható kémiai szubsztanciaféleség szerepel: a karotinoidek*. A fény minden mozgásreakció kiváltásánál először ezekre hat. És ezek szerkezete egészen más, mint akár a zöld növényi színezékeké, a klorofillé, akár a védőpigmenteké, pl. a melaniné.

A karotinoidoknak ezt az egyetemes szerepét a növényeknél először — s talán legpregnásabban — WALD, a látópigmentek nagy kutatója mutatta ki vizsgálataiban, melyeket a zab (*Avena*) koleoptiljának maximális fototrop elhajlását előidéző fény spektrumáról végzett; ez utóbbit a karotinoidek abszorpciós spektrumával messzemenően egyezőnek találta (WALD, G., 1945—46). A zabrügyecske csúcsának ezt a reakcióját egyébként már DARWIN leírta, és kísérletileg vizsgálta. Az első, már állatnak minősülő zöld ostorosoknál (*Euglena*) a fototaktikus reakcióért felelős pigment ugyancsak egyfajta karotinoid, az astaxantin. Ez a változat már csak állatoknál található, de minden jel szerint a bekebelezett növényi anyagok karotinoidjának valamilyen módosítása. (Az egysejtű növények fototaktikus reakcióinak

kiváltási problémáira más összefüggésben még visszatérünk.) Az alacsonyabb gerinctelenek fotoreceptorainak pigmentje valószínűleg mind astaxanthin típusúak. Később a növényi származású karotinoid-változat tovább alakul: a finomabb kép felvevő szem recehártyájában mint rhodopsin (látóbíbor), iodopsin (a csapok fényérzékeny pigmentje), cephalopsin, porphyropsin stb. jelenik meg; mindezekben nagyjából ugyanaz a karotinoid – retinin – kapcsolódik össze egy specifikus protein résszel (opsin). A fény hatására e részek különválnak, és a retinin tovább alakulhat A-vitaminná (DUKE-ELDER, S., 1958; DAVSON, H., 1959 és mások). A bonyolult vizuális ciklus – a fény hatására történő lebomlás és a regeneráció részleteibe szükségtelen bocsátkoznunk (ehhez lásd DARTNALL, H. J. A., 1962 – különösen azt a fejezetet, melynek címe: „A látópigmentek azonossága és eloszlása az állatvilágban”).

Miféle anyagok a karotinoidok? Hogyan jönnek létre, hol jelennek meg, mi a biológiai funkciójuk? E kérdésekre természetesen csak olyan mértékben és mélységig térhetünk ki, hogy lehetővé tegyük a további kérdés – akárcsak becslésszerű – megválaszolását: Minősíthetők-e adott körülmények között a növényi karotinoidokra gyakorolt fényhatások elsődlegesen – vagyis függetlenül attól, hogy organizmikus reakciók kapcsolódnak hozzájuk – adiafor hatásoknak?

A karotinoidok különböző változatban (kb. 50-et ismerünk), viszonylag nagy mennyiségben fordulnak elő a növényi organizmusokban, és pedig azoknak úgyszólván minden szervében (levelekben, szíromlevelekben, termésekben, gyökerekben, pl. a sárgarépa – karotta – gyökerében, ahonnan nevüket kapták). Még a zöld színtestekben, a kloroplasztiszokban is megtalálhatók mint karotin és annak oxidációs terméke, a xanthofill. Kémiai szerkezetükre és bioszintézisükre itt nem térhetünk ki. Számunkra elég ennyi: a karotinoidok az ún. intermedier növényi anyagcsere végtermékei, melyek maguk általában már semmilyen asszimilációs vagy disszimilációs folyamatban nem vesznek részt, hanem raktározásra kerülnek. Funkciójuk a növényi organizmusban máig sem teljesen tisztázott. Néhány évtizeddel azelőtt még úgy vélték, semmilyen szerepük sincs a fotoszintézisben, minthogy az utóbbi a vörös fényben is végbemegy, noha a karotinoidok a

hosszú hullámhosszú sugarakat nem abszorbeálják. Az újabb kutatások mégis arra irányultak, hogy pontosabban megállapítsák: vajon a zöld szintestekben is fellelhető karotinoidok valamilyen módon hozzájárulnak-e a fotoszintézishez, vagy pedig az általuk elnyelt fény csak „elpazarolt energia” („wasted energy” — EMERSON, R. és LEWIS, C. M., 1942). EMERSONnak és munkatársainak minden jel szerint sikerült kimutatniuk, hogy „feltehetően azt a fényt, melyet a klorofill a spektrum hosszú — és részben a rövid — hullámú régióiban elnyel, ki kell egészíteni más járulékos pigmentek által elnyelt fényvel — ahhoz, hogy a fotoszintézis maximális teljesítményű legyen” (EMERSON, R., 1958). Különösen biztosra vehető ez az ún. felerősítési effektus („enhancement effect”) felfedezése óta (EMERSON, R., 1957; MYERS, J., 1971). Hogy e felerősítés milyen módon valósul meg, nem tudjuk pontosan; számunkra nem is lényeges. Biztos azonban továbbra is, hogy a fotoszintézis a fenti segítség nélkül is végbe-mehet. A fotoszintézisre más vonatkozásban még visszatérünk.

○ Ez a segítő szerep természetesen nem igazolja a karotinoidok nagy mennyiségét olyan szervezetekben is, amelyekben fotoszintézisről nem lehet szó — pl. a gyökerekben. És nem magyarázza meg az sem, hogy egyes karotinoidok a növény számára is fontos A<sub>1</sub>-vitamin elővegyületei; vitaminokból tudvalevően igen kis mennyiség elegendő. — A mennyiségre vonatkozóan meg kell gondolnunk a következőt: a növényt a felvett és asszimilált anyagokkal való messzemenő takarékoság jellemzi. A végtermékek — akkor is, amikor már pillanatnyilag vagy akár végleg feleslegesek, — tárolódnak a szövetekben és sejtekben. A növényi kiválasztás is különbözik az állatétól: még a bomlási termékek nagy része is „befelé” választódik ki, és bennmarad a növény testében, sejtjeiben, szöveteiben; a növény e bomlási termékeket nem adja le egyszerűen a környezetbe, mint az állat. Az anyagcsere termékei és általában a sejt vegykonyhájában létrejövő mindenféle melléktermékek *főlős mennyiségben* halmozódnak fel — különösen a felületi rétegekben, a levelekben és a kéregben. FOGG mondja: „Sok növényi produktum, úgy tűnik, aligha több, mint valamelyik metabolikus folyamatrészt elkerülhetetlen mellékterméke. A más fajokkal való versengés nem jelenti szükségszerűen az illető anyag százszázalékos hasznosítását, és, ha ténylegesen nem is

káros, de biológiailag szükségtelen reakciók nem iktatódnak ki feltétlenül.” (FOGG, G. E., 1970). Úgy véljük, nem kockáztatunk sokat a feltevéssel, hogy *e fölös anyagok tulajdonságai nem minősülhetnek minden körülmények között* — pl. amikor nem a zöld szintetekben, hanem a kromoplasztiszokban levő karotinoidokról van szó — *lényeges, vagyis  $\eta$ -változóknak, tehát az azokra gyakorolt fényhatás nem az  $\eta$ -változókat alterálja: következésképpen adiafor jellegű.*

De éppen a tárolással kapcsolatban jól ismert növényfiziológiai tény az, hogy a tárolt anyagok utólag — akár az egyéni, akár a törzsfajlódás során — újra hasznosítódnak, reutilizálódnak. Tulajdonképpen ilyen reutilizációs jelenségnek tekinthetjük azt, hogy a karotinoidokra gyakorolt fényhatáshoz adaptív növényi mozgásformák kapcsolódnak — a különböző irányú fototropizmusok és nasztiák. Ez valójában az adiafor determináció megjelenése a növény életében. Később, amikor az adiafor determináció további formáit is tárgyaljuk, pontosabban látni fogjuk, hogy a fényre adott mozgásos növényi reakciók meghatározott értelemben (bár kiinduló példánktól eltérő módon) megelőző jellegű intézkedések.

A növényvilágban az adiafor determinációs szkéma nem fejlődik tovább — már csak azért sem, mert a mozgásreakciók lebonyolításához nincs speciális és fejlődésképes apparátusuk. Az idevágó reakciók általában turgoros vagy növekedési mozgások — az előbbieket a gyorsabbak (pl. a mimóza reakciói). Érdekes azonban a karotinoidok egy másik — valójában a legfontosabb és legelterjedtebb — újrahasznosítása: mint a kromoplasztiszok alapanyagai, a karotinoidok gondoskodnak a magasabb rendű növények virágainak, terméseinek, leveleinek a színpompájáról — aminek továbbmenően a rovarok és más állatok által való megporzásnál és a termések terjesztésénél van fontos szerepe. Ez az újrahasznosítás azért érdekes, mert közvetve, de elválaszthatatlanul összefügg az adiafor determinációs skémával. *Az új szerep alapfeltétele* ugyanis, *hogy a megporzásban és a termés terjesztésében részt vevő állatok — látnak; látják a környezetből színeik által élesen kiváló növényi képleteket.* Viszont a látás kialakulásához — feltételezésünk szerint — a karotinoidok fent leírt, még korábbi reutilizációja — mindenesetre az állat által, mely a növényi karotinoidokat átveszi — képezte a kiindulópontot.

Látnunk kell a történéskör bezárulását: az őseredetileg a növényektől átvett karotinoidok az állatok látóapparátusában felveszik azt a fényhatást, melyet ugyancsak a karotinoidok — ezúttal mint a növényi képletek színezékei — határoznak meg, s így az adiafor determinációs szkéma az állatok olyan cselekvésében manifesztálódik, mely a növények számára is alapvetően hasznos. Allegorikusan így mondhatnánk: az állat így „hálálja meg” a növényeknek a nagyszerű „örökséget”, melyet tőlük kapott, s amelynek a látást köszönheti.

Az adiafor jelleg megítélésénél természetesen tekintetbe kell venni azt is, hogy milyen természetű — miben áll — az a hatás, melyet a fény a mozgásreakciók kiváltásánál a karotinoidokra gyakorol. Idevágó vizsgálatokat csak az állatok látóapparátusában található pigmenteken végeztek, de az eredmények talán általánosíthatók. Ma már bizonyos, hogy a közvetlen hatás, melyet a fény a látópigmentben felidéz, a karotinoid molekula bizonyos izomerizációja, melynek részleteire itt nem térhetünk ki. Fontos azonban számunkra — ahogyan ezt többen hangsúlyozták — *ez az egyedüli hatás, amelyet a fény felidéz* (WALD, G., BROWN, K. P. és GIBBONS, J. R., 1963), s ez a lokális hatás nem minden további nélkül von maga után folyamatokat a környező közegben; amit továbbmenően felidéz a pigmentet tartalmazó növényi vagy állati sejtben (az érzéksejtben), az nem egyszerűen fizikokémiai epifenomén, hanem valami, ami a hatáshoz biológiailag hozzákódolódt, s ami végül kihat a növényi szövet turgorában vagy a növekedést gyorsító hormonok (auxin) termelésében, vagy — az állati érzéksejtben — bizonyos elektromos jelek és idegimpulzusok megindításában.

Ugyancsak jó összhangban van feltevésünkkel a következő: *annak a fénynek intenzitásbeli nagyságrendje, mely a recehártya fényérzékeny anyagaira hat, nagyon alacsony.* Az idevágó rendkívül terjedelmes szakirodalomból csak a számunkra legfontosabbakat emeljük ki. A vizuális küszöb mérésének három fő típusa van: 1. a legalacsonyabb retinális megvilágítás megállapítása, mely a látáshoz szükséges, 2. a legkisebb energiaáramlás („energy-flux”) és 3. a legkisebb energiamentiség megállapítása. Nem szükséges kitérnünk sem a módszerekre, sem a különböző hullámhosszú féynél regisztrált eredményekre. Ad 1.: az átlagos

retinális megvilágítás abszolút küszöbértéke (fehér fényre, extrafoveálisan, homályra adaptáltan)  $0,75 \cdot 10^{-6}$  cd/m<sup>2</sup>/(cd = candela, gyertyafény) nagyságrendű (PIRENNE, M. H., MARRIOTT, F. H. C. és O'DOHERTY, E. F., 1957). Ez körülbelül egy tökéletesen diffúzan visszaverő felület világossága, ha egy gyertyafénnyel 650 méterről megvilágítják (feltéve, hogy a közeg a felület és a fényforrás között nem okoz semmilyen fényvesztést). Ad 2.: egy pontszerű fényforrást használva, melyet extrafoveálisan és természetes pupillanagysággal megfigyelünk, a küszöbmegvilágítás (a pupilla szintjén)  $4 \times 10^{-9}$  lm/m<sup>2</sup> nagyságrendű (lm = lumen, a fényáram egysége). Ez nagyjából azt jelenti: egyetlen gyertyafény erősségű pontszerű forrás már látható 16 kilométerről (ha a közeg tökéletesen transzparens). (MARRIOTT, F. H. C., MORRIS, V. B. és PIRENNE, M. H., 1959). Ad 3.: a legkisebb fényenergia, melynek a szembe kell kerülnie ahhoz, hogy egy fényforrás, melyet felvillantanak (0,001 mp-ig), látható legyen,  $2,1$  és  $5,7 \times 10^{-10}$  erg között van (HECHT, S., SHLAER, S. és PIRENNE, M. H., 1942). Ezt a rendkívül alacsony nagyságrendet nem kell külön szemléltetni. A fenti értékek foveális látás esetén mindenesetre nagyobbak, de még mindig nagyon alacsonyak. A kísérleti eredmények több okból nem teljesen egybeváogók; feltehetően a legkisebb fényenergia (589 mμ hullámhossz, expozíciós idő 0,0033 mp, vizsgálati mező nagysága 0,88' ív látószög)  $31,6 \times 10^{-10}$  erg. Nem szabad viszont elfelejtenünk, hogy a pálcikák fényérzékeny pigmentje törzsfeljődésileg ősbibb, mint a csapoké. Egyébként egyetlen fénykvantum abszorpciója elegendő, hogy izgalmat idézzen elő a homályra adaptált pálcikában (HECHT, S. et al. op. cit.). Biztos azonban, hogy egy pálcika így felidézett izgalma még nem elegendő valamilyen látási érzéklet megjelenéséhez. Az idevágó biokémiai kutatások nagyrészt annak a felderítésére irányulnak, hogy a nagyon kismérvű fényhatás hogyan hozhatja létre a receptorsejt ingerületét, illetve annak valamilyen elektromos jelét. Önmagában nyilván nagyon kevés ehhez. Fel kell tételezni, hogy egy nagymérvű erősítési folyamat („amplification process”) iktatódik be a fénynek a látópigmentre gyakorolt hatása és a receptorsejt ingerülete közé (lásd pl. WALD, G., BROWN, P. K. és GIBBONS, J. R., 1963). Ilyen erősítő gondolata a fény más jellegű hatásánál fel sem merül. Az itt számba jövő fényhatások tehát csak az orga-



nizmus különleges berendezkedései segítségével érvényesülnek – vagyis *magának az organizmusnak kell a törzsféjlődés során gondoskodnia arról, hogy ezek a hatások egyáltalában valamit továbbmenően létrehozzanak az organizmusban*. Mindez teljes összhangban van feltevésünkkel, mely szerint e hatások eredetileg adiafor jellegűek; végbementek – anélkül, hogy az életfolyamatokat valamilyen szempontból – akár relevánsan, akár irrelevánsan érintették volna. Ilyen jelentőségre – feltevésünk szerint – csak akkor emelkednek, amikor továbbmenően bizonyos folyamatokat idéznek fel, melyek a megelőző intézkedéshez vezetnek.

A fenti megállapításokat nem érinti az, hogy az állatoknál – éppúgy, mint a növényeknél – másfajta fényhatások is fontos szerepet játszanak. Az állatoknak is van fényhatásokra specializált kromatofor rendszerük, melybe különböző pigmentek tartoznak; funkciójuk a testszövet védelme az erős fényhatás ellen és a hőszabályozás. Mindkettőnél nyilván károsító fény- vagy hőhatásokról van szó. – Ugyancsak más jellegű a fénynek, helyesebben a világosság és sötétség váltakozásának az a hatása, mely halaknál, madaraknál, sőt emlősöknél is az ún. belső fiziológiai órák kialakulásához vezet, melyek továbbmenően a periodikusan fellépő változásokat szabályozzák az állatok különböző (pl. szexuális) viselkedésében.

Elgondolásainkat nem érinti továbbá az sem, hogy a karotinoidok a fejlődés során több más funkció ellátásában is alkalmazást nyernek. Ez úgyszólván minden organikus képlettel és berendezkedéssel így van. Közismert az A-vitamin hiányának hatása a könnyimirigyek működésére – ami a szaruhártya kiszáradását és gyulladását okozza (ezért is nevezik antixeropthalmikus vitaminnak) – és különböző növekedési jelenségre. A legkorábbi tünet mindenesetre a látásban jelentkezik: az ún. éjjeli vakság.

## **5. Az adiafor determináció további formái. Az ingerfogalom**

A megelőző cselekvés egy ismert formáját vettük szemügyre az előző fejezetekben. De pontosan ugyanerre a megelőző cselekvésre – kitérés az organizmus felé közeledő tárgy elől – sor kerülhet olyan esetben is, amelyben a már megismert adiafor hatás – a fény – nem érvényesülhet. Egy keveset változtatunk

eddig példánkon: az organizmus felé közeledő tárgy legyen egy jármű, és az állat vagy ember úgy helyezkedjék el, hogy a járműről jövő fénysugarak nem juthatnak a szemébe. Ennek ellenére adott esetben pontosan ugyanazokat a megelőző intézkedéseket fogja tenni: ki fog lépni a közeledő jármű pályájából. Cselekvését ezúttal *levegőrezgések* indítják meg, melyek hallószervébe, a fülébe jutnak.

A levegőrezgés egészen másfajta fizikai történéssé, mint a fény-sugár. Mégis könnyen belátható, hogy mindaz áll reá is, amit a megelőző intézkedést kiváltó külső hatásra vonatkozóan mint követelményt felállítottunk. Mindenekelőtt: *közös kauzál-kondicionális eredete van a fő történéssel*; a jármű mozgása közben rezgéseket idéz fel a környező levegőben. Ezek tehát „leágaznak” róla és minden irányba tovább terjednek; egy részük az organizmus felé irányul, s azt eléri. Továbbá: „előreszaladó” történéssé, vagyis előbb éri el az organizmust, mint a fő történéssé, a jármű mozgása (a hang terjedésének sebessége igen nagy, kb. 1200 km óránként – szuperszonikus sebességű történéssé az állat környezetében gyakorlatilag nem fordul elő).

Analóg tények szólnak a levegőrezgések által felidézett közvetlen hatások adiafor jellege mellett, mint a fényhatások esetében. A fülbe érkező levegőrezgések igen kis intenzitásúak: a legkisebb, már hatékony levegőhullám energia-felhasználása PUMPHREY szerint  $10^{-12}$  erg, tehát még kisebb, mint a minimum visibile energiája (lásd 4. fej.; PUMPHREY, R. J., 1950). Hogy a hallószerv szinte képzeletünket felülmúló érzékenységet bemutassuk, elég, ha BÉKÉSY következő, igen érzékletes leírását szó szerint idézzük: „Szerkezetében és működésében a fül rendkívüli finomságú. Ennek a finomságnak egyik mértéke az, hogy milyen parányiak azok a vibrációk, melyekre reagál. Bizonyos hangfrekvenciáknál a dobhártya vibrációja egy billiomod centiméter amplitúdójú – ami körülbelül egytizede a hidrogén atom átmérőjének! És annak a finom membránnak a vibrációja, mely a belső fülben az ingerhatást átviszi a hallóidegre, még ennél is 100-szor kisebb amplitúdójú” (BÉKÉSY, v. G. 1957, 44. o.). A hatások tehát itt is csak speciális felerősítő és átalakító apparátusok (hallócsontocskák, Corti-féle szerv) közvetítésével idéznek fel idegrendszeri folyamatokat. Láthatjuk: a szituáció – a történéssé és hatások kapcsoló-

dása — felismerhetően analóg az előző példánkban elemzett szituációval.

Egy további példát is hozunk. Az állat felé ellensége, pl. egy másik állat közeledik. Ha eléri, felfalja (letális hatás). Fénysugarak nem jutnak el hozzá az ellenségről, mert pl. eltakarják az erdő fái. Az ellenség lassan és óvatosan lép („puha” lépésekkel, mint a macskafélék), nem idéz fel olyan erős levegőrezgést, mely „előre szaladna”. Mégis az állat ez esetben is tehet megelőző intézkedést, biztonságos helyre menekülhet, vagy felkészülhet a védelemre. Cselekvését ezúttal bizonyos kémiai hatások indítják meg. *A közeledő ellenség testéről* ugyanis *gáznemű anyagok szállnak fel*, melyek a kiterjedési törvény értelmében a levegővel elkeveredve minden irányba — így a veszélyben levő organizmus felé is — továbbhaladnak. És, ha az üldöző mozgása, ahogy feltételeztük, nem gyors, előbb elérhetik az állatot (többnyire csak kis koncentrációban), mint maga az üldöző. A megelőző intézkedést kiváltó külső hatás megint teljesen más jellegű, mint előző példánkban, mégis a felállított követelményeknek — *közös kauzál-kondicionális eredet a fő történéssel, irányulás az organizmus felé és az „előreszaladás”* — ugyanúgy eleget tesz. Itt is minden jel szerint nagyon kis energiamennyiséget igénybe vevő folyamatok érvényesülnek — különösen, ha meggondoljuk, hogy vannak anyagok, amelyekből már néhány száz molekula elegendő, hogy a receptorsejtekre hassanak (és ez még az ember némileg már degenerált szagló-érzékeire is áll — DE VRIES, H. és STUIVER, M., 1961). A felső orrjáratban levő szaglóhámot egyébként is a beáramló levegőnek csak egy tört része (5%) éri el (ezért szükséges a szagláshoz gyakran forszírozott belégzés — „szimatolás”).

Utolsó példánk egy ponton eltér az előzőktől. A megelőző cselekvés itt nem egyszerűen kitérés, vagyis „kilépés a közeledő tárgy mozgási pályájából”, hanem egy jóval bonyolultabb „menekülő” viselkedés. A közeledő „tárgy” — az üldöző — mozgási pályája ugyanis nem állandó irányú, nem extrapolálható, mert az „üldözött” állat mozgásához igazodik; tehát a „kilépés a mozgás pályájából” nem volna elegendő az „összeütközés” (itt inkább: összetalálkozás) és a káros (sőt legtöbbször letális) hatás elkerülésére. A menekülő állatnak vagy az üldözőtől való távolságot kell megfelelő mértékig növelni, vagy biztonságos helyre kell

jutnia. Ennek a cselekvésformának további determinációs problémái is vannak, melyeket később tárgyalunk.

Azok a hatások, melyek a fenti példákban szerepelnek – a levegőrezgések és áramló gázok hatásai az organizmusra –, nem vizsgálhatók elsődleges biológiai jelentőségükre nézve teljesen analóg módon, mint az első példában szereplő fényhatások. Ehhez sajnos nem állnak rendelkezésünkre olyan jellegű adatok, mint az első példában. Arról, hogy a CORTI-féle szerv szőrsejtjeiben és a szaglóhámában levő érzékszervekben (ez utóbbiaknál is valószínűleg a hámfelületig érő szőrnyúlványokban) a mechanikai, illetve a kémiai hatás hogyan, milyen közvetítő folyamatok által, milyen átalakító és erősítő apparátus segítségével megy át idegimpulzusba, nagyon keveset tudunk. Különösen nem tudunk valamiféle egységes anyagról vagy annak kémiai átalakulásáról, amelyet a mechanikus, illetve a kémiai hatások annyira egyöntetűen – végig az egész állatvilágon – felidéznek, mint azt a fényhatás vizsgálatánál láttuk. Kockázatos volna tehát e hatások ősi természetéről – arról, hogy elsődlegesen relevánsak, irrelevánsak vagy adiaforok-e – analóg módon spekulálni. Egyébként az itt szereplő receptorok szerkezetére – éppen a szőrnyúlvány általános elterjedtségével kapcsolatban – még később visszatérünk.

Az előző néhány konkrét példa vizsgálata után már láthatjuk, hogy a külső hatások, melyek a megelőző intézkedést kiváltják, eddig valamennyien azok közül valók, melyeket az első fejezetben az adiafor hatás szemléltetésére mint példákat felhoztunk. Sőt az olvasó már azt is láthatja, hogy a többi ott felsorolt külső hatásnak is teljesen analóg szerepe van – vagy lehet – a cselekvések megindításában. De azok közelebbi vizsgálatához a megelőző intézkedés egy másik, az eddigőtől némileg eltérő formáját kell előbb – sajátos megközelítési módunkkal – szemügyre vennünk. Erre a következő fejezetekben kerül sor.

Talán az is feltűnt az olvasónak, hogy fejtegetéseinkben eddig nem használtunk egy fogalmat, amely pedig az itt tárgyalt jelenségekkel kapcsolatban minden biológiai és pszichológiai munkában első helyen szerepel. A fénysugár, a levegőrezgés, a tárgyacról felszálló gázok és párák – *ingerek*. E közös névvel jelölik őket minden tudományos leírásban. A megelőző intézkedés determi-

nációs problémáját egyszerűen megválaszolhattuk volna úgy, hogy — bizonyos ingerek váltják ki. Nyilvánvaló, hogy miért nem tettük: ezzel csak látszatra mondtunk volna többet, mint azzal, hogy a kiváltók — külső hatások. Csak egy tudományos terminust adtunk volna meg — igazi magyarázat helyett. Mert a közhasználatban levő ingerfogalom semmit sem tartalmaz abból, amit fent a megelőző intézkedést kiváltó külső hatásokról mondtunk, és talán, ha mindjárt az ingerre utalunk, el sem jutunk azokig a jellegzetességekig, melyeket elméleti meggondolások alapján e külső hatásokról megállapítottunk. Mindenesetre a fízológusok és pszichológusok az ingerfogalom bevezetésével nem is akartak semmit megmagyarázni, csak éppen közös névvel illetni bizonyos, a szervezetet érő hatásokat, melyek sajátos következményekkel járnak. Mégis a „külön név” gyakran látszatmagyarázatként hat, és bizonyos fokig elállja a további vizsgálódás útját. — Még néhány ilyen fogalommal fogunk a következőkben találkozni.

Egyébként kevés fízológiai vagy pszichológiai szakmunkában tesznek akárcsak kísérletet az ingerfogalom gondos meghatározására. Ennek szükségessége az ilyen munkákban valójában fel sem merül. A fízológusok megelégednek annak megállapításával, hogy bizonyos külső (vagy a szervezetből jövő) hatások ingerületet idéznek fel az „ingerelhető szubsztanciában”, a pszichológusok annak meghatározásával, hogy ugyanezek a hatások érzéketeket keltenek, a behaviorista pszichológusok azzal, hogy azok reakciókat váltanak ki (S—R formula; S a „stimulus” és R a „response” szó kezdőbetűje). Így a fogalom egyetlen jegye az marad, hogy valamilyen külső (vagy az organizmus belsejéből jövő) hatás (az organizmus belsejéből jövő ingerekkel később foglalkozunk). Megelégedtek ilyen kevéssel, mert az ingert nem bizonyos megelőző biológiai intézkedésekkel kapcsolatban, nem mint azok szükségszerű megindítóját tanulmányozták — hanem csak egyszerűen mint valamilyen organikus történés vagy jelenség — ingerület, élmény, cselekvés — felidézőjét. És még egy tény: a megelőzés (elébevágás valamilyen biológiailag releváns hatásnak, következménynek, eseménynek) a gondos és külön erre irányuló vizsgálat előtt egyáltalában nem tűnik a cselekvés jellemző jegyének.

Néha azonban az ingerfogalom olyan értelmezésével is találkozunk, mely megállapításainknak ellentmondani látszik. Az ingerhatásoknak és azok jelentőségének olyan kiváló kutatója, mint KÜHN, pl. azt mondja az ingerhatásról, hogy az „a stacioner életfolyamat megzavarása” (KÜHN, A., 1931, 125. o.). Indokolt-e itt a „megzavarás” („Störung”) szó használata? Hiszen ő maga mondja pár sorral lejjebb: „Ha az inger bizonyos károsítási határon („Schädigungsgrenze”) belül marad, hatása — a változások rendezett egymásutánja az élő szubsztanciában”. A szerző természetesnek tartja — sok más szerzővel egyetemben —, hogy a külső hatást akkor is „ingernek” nevezze, amikor az már károsít. Miért is ne nevezné annak? Az ingerfogalomban nincs erre vonatkozólag semmilyen megkötés; miért ne maradna a fény akkor is inger, ha olyan erős, hogy vakít? Ebből is kitűnik, hogy e szerzők az inger biológiai szerepét egészen másképp látják, mint mi. A közkeletű fogalom természetére még rávilágít a következő: ha egy tőr hegye finoman hozzáér a bőrfelülethez, tapintási ingerről beszélünk — de még egyetlen szakmunkában sem olvastam, hogy a mély sebet ejtő törzsúrast mint „káros ingert” írták volna le — pedig az „csak” intenzitásában különbözik a tapintási ingertől. Úgy látszik, a közkeletű ingerfogalomban, jóllehet használói nem eszmélnek rá, homályosan bennfoglaltatik az, hogy a hatás túlnyomórészt — legalábbis amennyiben az állatok életében mint tényező szerepel — „a károsodási határon belül marad”, vagy azt csak kevéssel lépi túl.

Itt felmerül az a kérdés is: milyen viszonya van az ingerfogalomnak ahhoz, amit általában ingerlékenységnek, irritabilitásnak neveznek, s amit az élő anyag ősi tulajdonságaként tartanak számon? (A latin megjelölésben — „irritabilitás” — nincs utalás az ingerre, ami „stimulus”). Az ingerlékenység problémájára még más összefüggésben később visszatérünk. Itt csak azt vizsgáljuk meg: vajon az ingerlékenység egyszerűen azt jelenti-e, hogy az élő anyag az ingerekre — az adiafor hatásokra — reagál, és ez ősi tulajdonsága? Ez ellentétben állna azzal, amit — legalábbis az általunk eddig vizsgált — adiafor hatások érvényesüléséről mondtunk. Ehhez ugyanis különleges átalakító és erősítő berendezkedés szükséges. Nem nagyon

tételezhető fel, hogy a sejtek már ősi fokon ilyen berendezéssel rendelkeznek. De az ingerlékenységnek fenti értelmezése egyáltalában nem szükségszerű. LEONTYEV azt mondja az ingerlékenységről: „... a szervezet azon képességében jut kifejezésre, hogy sajátos folyamatokkal válaszol a különböző életfontosságú hatásokra” (LEONTYEV, A. N., 1959, magyar kiadás 1964, 47. o.). Hogy miben áll a válasz sajátossága, nem tudjuk meg ugyan LEONTYEV további fejtegetéseiből, de ez pillanatnyilag nem is lényeges. Fontos azonban, hogy „életfontosságú hatásokról” beszél. Ingeren, mint fent mondtuk, általában nem olyan hatásokat értenek, melyek negatív értelemben „életfontosságúak”, vagyis károsítanak — de olyanokat sem, melyek pozitív értelemben életfontosságúak, vagyis szükségesek vagy kedvezőek. A fény hatását pl. a növényi sejtben levő klorofillra sehol sem nevezik „ingerhatásnak”. Az általános fiziológiai szakkönyvekben legtöbbször külön fejezet tárgyalja a fényt mint „ingert” (pl. DAVSON, H., 1959). Az ingerlehetőség fenti értelmezéséből LEONTYEV mindenesetre egy különleges problémához jut el: mi a különbség ingerelhetőség és érzékenység (szenzibilitás) között, és hogyan megy át egyik a másikba a törzsfajlás során? Elméletének méltatását és saját elgondolásainkhoz való viszonyát célszerűbb azután tárgyalni, hogy fejtegetéseinkben az adiafor determináció információs jellegének kialakulásához és az érzékeléshez eljutottunk.

A megelőző cselekvés kiváltásának ideális megoldását, az adiafor determinációs skémát, mint emlékezhetünk: három feltételhez kötöttünk. Az első az volt, hogy földi környezetünk olyan, amelyben az organizmust érő biológiailag releváns hatásokat legalább nagy részben törvényszerűen adiafor hatások előzik meg. Valóban mindeddig azt láttuk, hogy csaknem minden történés az (egyelőre csak a szárazföldön élő) állat környezetében kényszerű melléktörténésként felidéz nagyon kis intenzitású folyamatokat (fény, levegőregzés, gázok áramlása), melyek az organizmust előbb elérik, mint maga a fő történés, és adiafor hatást gyakorolnak rá. Sőt — különös módon — túlságosan bizonyítja. Valaki ugyanis azt mondhatná: nem is az a lényeges, hogy a megelőző cselekvés megfelelő időpontban való felidezésére az organizmus

biológiailag legelőnyösebb módon az adiafor hatásokat használja fel – egyszerűen nincs más választása: csak ilyen hatások állnak rendelkezésére e célra. Környezete tele van ilyen hatásokhoz vezető, kis intenzitású történésekkel. Úgy tűnik, más megfelelően előreszaladó melléktörténet egyszerűen nincs. A „szellemes” megoldás valójában – az egyetlen lehetséges megoldás. A fejlődés, ha egyáltalában ilyen irányba halad, szinte „rákényszerül” az ideális megoldásra. Nem szükséges megcsodálnunk a test „bölcességét”. Egy ilyen érvelés természetesen nem irányul alapfeltevésünk ellen, legfeljebb annak frappáns jellegét homályosítja el. Mégis az érvelés elszietett. Látni fogjuk, hogy bizonyos megelőző cselekvések kiváltásánál másfajta adiafor hatások is szerepelnek, s ott a helyzet távolról sem ilyen „szerencsés”.

## **6. A „megelőző” cselekvés pontosabb meghatározása**

Determinációs problémánkat egy különleges állati cselekvésforma elemzéséből fejtettük ki, melyre jellemző volt, hogy eredményeként egy éppen küszöbön álló káros külső hatás elmarad. De ez a cselekvésforma törzsfejlődésileg nem nagyon ősi, és nem is olyan, mely akárcsak megközelítően reprezentálná az állati cselekvést általánosságban. A megfigyelhető és az etológusok által tanulmányozott cselekvésformák szinte áttekinthetetlen sokféleségében a közeledő tárgy elől való kitérés vagy az ellenség elől való menekülés viszonylag szerény helyet foglal el. Legtöbbjükre, úgy tűnik, egyáltalában nem jellemző, hogy általuk valamilyen káros külső hatás elmarad, vagyis az, hogy – az eddigi értelemben véve – megelőző jellegűek. További kérdésünk tehát: vajon annak a determinációs elvnek, melyet különleges példáink elemzéséből nyertünk, jelentősége van-e más cselekvésformák determinációjában is? Ezekkel kapcsolatban is felállítható-e hasonló determinációs probléma, és megállapításaink valamilyen módon ezekre is átvihetők?

Ilyen kérdés feltevésére már az is készlet, hogy ugyanazok a fénysugarak, levegőrezgések és áramló gázok, melyeknek elsődleges adiafor jellegét bizonyítani igyekeztünk, ugyanazok a berendezkedések – erősítők és átalakítók – közvetítésével, úgyszólván valamennyi más cselekvés determinációjában is részt vesznek. Vajon



e hatások adiafor alapjelleget jelentősége van-e a teljesen más-fajta cselekvésformák megindításában is? Vagy determinációs skémánk csak a cselekvések már elemzett szűk körében érvényes?

Nézzünk egy példát, mely éppen a megelőzés szempontjából szinte ellentétesnek látszik az előzőleg vizsgált példákkal, de amelyben a recehártýára eső fénysugarak hatása teljesen analóg szerepet játszik. Valaki forró nyári napon a strandfürdő homokján fekszik; a hőség tikkasztó, a fürdő langyos vize sem üdít eléggé. Egyszerre csak a közelben egy fecskendőből hideg vízsugarat bocsátanak ki. Az illető feláll, odamegy és úgy helyezkedik el, hogy testét a víz-sugár érje. A cselekvés biológiai értelme világos: azt eredményezi, hogy az organizmust egy kedvező hatás éri, mely a megnehezített hőszabályozásnak segít. A testhőmérséklet szabályozásával kapcsolatos  $\eta$ -változók a külső hatásra könnyebben visszakerülnek az optimális tartományba. Figyelemre méltó, hogy az intézkedés természete ebben a példában is ugyanaz, mint az előzőkben: helyváltoztató mozgás; *az előzőknél az organizmus kilép egy környezeti történet pályájából, a másokban belép egy környezeti történet pályájába.* A szituációk is párhuzamosak, noha ellenkező előjelűek: az egyikben olyan környezeti történet van folyamatban, mely ha a szervezetet elérné, kedvező hatást gyakorolna rá. Időileg mindkét cselekvés „megelőz” egy biológiailag releváns — káros vagy kedvező — hatást, az egyik elhárítóan, a másik előmozdítóan.

A „megelőzés” feltételei ezúttal is adva vannak: a környezeti történet, mielőtt az organizmust elérné (itt inkább: mielőtt az organizmus abba a helyzetbe kerülne, hogy a környezeti történet elérheti), már melléktermékként felidéz egy másik történet (fénysugarakat ver vissza), melynek legalábbis egy része 1. az organizmus felé irányul és 2. azt korábban eléri, mint a fő történet. A melléktörténet tehát itt is determinációs bázisa a „megelőző” cselekvésnek. A melléktörténet által kiváltott hatások biológiai jelentőségére nézve is teljes egészében alkalmazhatók a 3. fejezetben kifejtett elgondolások: minthogy a földi környezettől nem „várható el”, hogy a történet, mely a kedvező hatáshoz vezet, olyan melléktörténetet idéz fel, mely maga is biológiailag kedvező, ideális és reális megoldás az, hogy az utóbbi hatások adiafor alapjellegetűek.

A kifejezést: „megelőző” fent mindenütt idézőjelbe tettük, mert használata most már a közkeletű fogalom tartalmát némileg meghaladja. A pontosabb meghatározásra hamarosan rátérünk. Egyelőre csak a kétféle megelőzésre vonatkozó megállapításainkat kissé átfoglalmazzuk, mert későbbi meg gondolásaink számára az új formában alkalmasabb lesz. Mind a kétféle szituációban *adva van a lehetősége annak, hogy az organizmust valamilyen biológiailag releváns – káros vagy kedvező – hatás érje; de már e lehetőség fennállásakor (tehát mielőtt a hatás megvalósulna) az organizmust – e lehetőséggel szigorú fizikai összefüggésben – adiafor hatások érik, melyek olyan cselekvést hívnak elő, mely a fenti lehetőséget vagy megszünteti, vagy éppen megvalósulását biztosítja.* Mindkét cselekvésformának (a „rossz” megelőzésének és a „jó” elősegítésének a determinációs skémája ugyanaz.

A két cselekvésforma azonban, úgy tűnik, különbözik a szabályozás módját illetően. Az egyiknél – a vízsugár-példában – a cselekvés az  $\eta$ -változók állandóságát oly módon védi, hogy azokat, miután (a hőség következtében) az optimális tartományból kikerültek, oda visszatéríti (vagy e visszatérést megkönnyíti) – tehát a „hiba által ellenőrzött szabályozást” segíti. A másikonál – a közeledő tárgy vagy ellenség esetében – az  $\eta$ -változók állandóságát a cselekvés radikálisabban biztosítja: azok változására sor sem kerül. Később látni fogjuk, hogy ez a különbség nem szükségszerű, és a legtöbb esetben nem is áll fenn.

Ezután egy nagyon mesterkéltné példát veszünk szemügyre. Olyan szituáció, mint amilyen e példában szerepel, az állati élet gyakorlatában alig fordul elő. Mégis e mesterkéltné példában az élethelyzetek egy mozzanata – de főként e mozzanat összefüggése eddigi elgondolásainkkal – könnyebben demonstrálható. A betanított kutya, amikor a gazdája által feldobott életdarabka lefelé esik, odaugrik és elkapja. Megint beáll – helyesebben: fejét és száját beállítja – egy környezeti történés pályájába. A példa teljesen analóg a vízsugár példával. Ezúttal is a mozgó tárgyról (az életdarabkáról) az állat szemébe érkező fénysugarak hatása az, amely megindítja a cselekvést. Csak egy ponton van különbség: az, ami a cselekvés eredményeként bekövetkezik (az étel bekerülése a szájüregbe és onnan az emésztő traktusba) *nem írható le egyszerűen mint „kedvező hatás”*. Nyilván valami biológiailag „jó”, és az élet

fenntartásához, nevezetesen az anyagcsere-folyamatok zavartalan lefolyásához szükséges, de nem egyszerűen „hatás”. Hangsúlyoznom kell, hogy itt nem valamilyen szőrszálhasogató fogalmazási problémáról van szó. A pontatlan fogalomhasználat és az elővigyázatlan ekvivokáció – ha kezdetben nincs is jelentőségük – később nagy hibákhoz vezethetnek. Az ennivalónak a szájba kerülése nem az  $\eta$ -változók valamilyen eltolódása, pl. visszakerülése az optimális tartományba (mint a kedvező „hatás” esetén), mégis kedvező abban az értelemben, hogy *hozzájárul* az életfeltételek biztosításához, vagyis *olyan feltételek biztosításához, melyek között az  $\eta$ -változók (valamennyi) az optimális tartományon belül maradhatnak*. Ennek a „kedvező eseménynek” a lényeges jegyét később – a 8. fejezetben pontosabban megadjuk. A cselekvés számunkra fontos mozzanatát tehát pontosan így írhatjuk le: az organizmus már a *kedvező esemény* bekövetkezését megelőzően intézkedik, hogy az ténylegesen be is következék – vagyis már akkor, amikor a *kedvező bekövetkezésnek még csak egy feltétele* (ennivaló esik le a magasból) *van adva*. A cselekvés determinációs szkémája ugyanaz, mint az előző példában. A példa csak arra szolgált, hogy el tudjunk szakadni a „hatás” fogalmától, és megállapításaink érvényességi köre kiszélesíthető legyen. A továbbiakban egyszerűen csak kedvező vagy kedvezőtlen eseményről, következményről, helyzetről és hasonlóról fogunk beszélni. Másrészt szeretnénk, ha az olvasó észrevenné a következőt: az, ami a megelőző (a bekövetkezést előidéző) cselekvést megindítja – egyelőre szigorú értelemben vett „hatás” (ingerhatás). Később látni fogjuk, hogy a „megindítás”, „kiváltás” sem mindig a megfelelő kifejezés-mód.

Az előző példán csak keveset kell változtatni ahhoz, hogy nagyon természetes szituációt ábrázoljon. Eddigi példáinkban mindenütt *környezeti történések* szerepeltek, melyek amennyiben az organizmust elérték, károsodást okoztak, vagy megfordítva: kedvező következménnyel jártak. Az ennivaló azonban általában nem mozog a környezetben, hanem egyszerűen ott van. Az állat ez esetben is cselekszik (éppúgy, mint amikor az ennivaló a magasból leesett), *csak ezúttal cselekvésével maga idézi fel a történést, melynek során az ennivaló a szájába és onnan emésztő traktusába kerül*: odamegy az ennivalóhoz és megfelelő mozgásokkal száj-

üregébe kényszeríti; az ember odanyúl az ennivalóhoz és megfogja (vagy villájára tűzi) és szájába vezeti. Analóg példát hozhatunk olyan szituációkra, melyekben a környezeti történés negatív következménnyel járhat. Ahelyett, hogy a felénk közeledő tárgy pályájából kilépnénk, eljárhatunk úgy is, hogy egy védő pajzsot tartunk magunk elé – vagyis megállítjuk a történést. Kissé körülményesen írtunk le mindennapi vagy egyszerű műveleteket – hogy egy lényeges mozzanat kidomborodjék. Ahhoz, hogy az organizmust valami jó vagy rossz érje, valamilyen környezeti történés szükséges; az előző példában ez a környezeti történés eleve adva volt, és az organizmus úgy helyezkedett el, hogy a történés elérje vagy ne érje el. Mostani példánkban *az állat radikálisabban jár el: ő maga idézi fel, illetve állítja le a környezeti történést, mely biológiailag kedvező, illetve kedvezőtlen következménnyel járhat számára. Az előző példákban az organizmus kihasználta egy környezeti történést, magát a környezetet nem változtatta meg – most beavatkozik a környezetbe.*

Mielőtt továbbmegyünk, tisztáznunk kell egy fogalmat, melyet eddig némileg gondtalanul és analogikusan használtunk. Eddig ez nem is okozott zavart. Később azonban a logikai szálak összekuszálódásához vezethet. A fogalmazás iránt érzékeny olvasó talán már érezte: a „megelőzés” szó használata nem mindenütt pontos. E szónak a magyar nyelvben két jelentése van, az egyik egyszerűen az, hogy valami előbb történik, mint a másik, pl. a villámlás megelőzi a mennydörgést. A másik jelentés: elébevágás, megghiúsítás, elhárítás, kivédés stb. pl. megelőzni a bajt. Ennek lényege: ha valami megtörténik, a másik nem következik be. Ez utóbbi értelmezésből indultunk ki. Első példánkban pontosan ilyesmiről volt szó. Ez az értelmezés csak valaminek a be nem következésére vonatkozhat. Már a második, a vízsugár-példában az történik, hogy valami a cselekvés eredményeként bekövetkezik. Ez semmiképpen sem „megelőzés” a fogalom második értelmezése szerint. Az első értelmezés szerint igen – de az, hogy a cselekvés „előbb történik”, mint az, amit eredményez – triviális ítélet, megállapításra sem érdemes; ilyen értelemben minden történés „megelőző” – megelőzi azt, amit eredményez. Semmi jellemzőt nem mondtunk a pohárért való kinyúlásról, megfogásáról és a szájhoz vezetéséről – annak megállapításával, hogy „megelőzi”

a víznek a szájba kerülését. A cselekvés „megelőző” jellegét másképpen, nem triviális mozzanattal kell megadnunk – de mindenestre úgy, hogy olyasmire is illjék, ami nem valaminek a be nem következését eredményezi. Valójában erre is utaltunk már, csak kifejtve és hangsúlyozottan nem adtuk meg. Az, hogy egy cselekvés „megelőző” jellegű, a továbbiakban a következőt fogja jelenteni: az illető *cselekvés mindig* (vagy legalábbis rendszerint) megindul, amikor bizonyos feltétele adva van annak, hogy meghatározott eredménnyel járjon – vagy azzal az eredménnyel, hogy valami (biológiailag kedvező) bekövetkezik, vagy azzal, hogy valami (biológiailag káros) nem következik be. Előrebocsátjuk, hogy a megelőző cselekvés fogalmát később még tovább kell pontosítanunk: az állat adott esetben cselekszik, amikor még szigorú értelemben nincs megadva az eredmény „feltétele”, hanem annak csak valamilyen variábilis fokú valószínűsége; pl. cselekszik akkor is, amikor nincs ennivaló a környezetben – „keres” –, arra a valószínűsésre fel, hogy olyan új környezetbe kerül, amelyben már van ennivaló. Sőt, mint hamarosan látni fogjuk, a megelőzésnek ez a sztochasztikus formája az ősbib.

Utolsó példánkban a cselekvés „nagyobb mértékben” megelőző jellegű – most már a fenti értelmezésben –, mint korábbi példánkban: már akkor megindul, amikor a biológiailag releváns eredményhez vezető történés (a fő történés) még nincs is folyamatban. Csak e történés egy feltétele adott: az ennivaló jelen van. Ez a – most már nem történésszerű – környezeti feltétel szolgáltatja az előreszaladó melléktörténést (visszaveri és az organizmus felé irányítja a fényt, vagy gáznemű anyagokat küld feléje), mely eléri az organizmust és adiafor hatást gyakorol rá.

A megelőzés ennél jobban is „kimélyülhet”. Az ennivaló-példában csak az történt, hogy az állat vagy ember az ennivalóra „rákényszerítette” azt a mozgást, mellyel az szájüregébe került. Ehhez az ennivaló jelenléte volt a környezeti előfeltétel. De adott esetben megfelelő cselekvéssel ez az előfeltétel is megteremthető. A vízsugár-példa így variálható: az illető a közelben levő zuhanyozó alá áll és megnyitja a csapot. Az ennivalót, ha nincs jelen, be lehet szerezni; az illető elmegy a kereskedésbe és megveszi – és csak azután „vezeti szájüregébe”. Könnyű belátni – példák nélkül is –, hogy a cselekvés tetszés szerint visszanyúlhat a fel-

tételekhez, vagy a feltételeket megteremtő történésekhez, vagy ez utóbbiak feltételeihez, és így tovább. *A megelőzésnek elvben nincs „mélységi korlátja”.*

A cselekvés megindításához mindezekben az esetekben nyilvánvalóan szükségesek bizonyos adiafor hatások. A közelben levő zuhanyozóról fénysugarak verődnek vissza, ugyanúgy a kereskedés ajtajáról; normálisan e fénysugarak hatása hívja elő a megfelelő cselekvést: az odamenést a zuhanyozóhoz, illetve a bemenést a kereskedésbe. Azért tettük hozzá, hogy „normálisan”, mert a vakoknál (vagy a vaksötétben) másfajta ingerhatások vehetik át ezt a szerepet. Erről később többet mondunk.

Utolsó példáinkkal kapcsolatban valaki felvetheti: sem a zuhanyozó-, sem az enivaló-példában nem a zuhanyozóról, illetve az enivalóról visszavert fénysugarak (vagy felszálló gáznemű anyagok) érzékeinkre gyakorolt hatása az, ami valójában „megindítja” a cselekvést, hanem az egyik példában az, hogy az illetőnek melege van, a másikban pedig, hogy éhes. Ha nem volna melege, illetve nem volna éhes, hiába érkeznének szemébe fénysugarak (vagy orrába gáznemű anyagok), nem cselekednék a leírt módon. Ez igaz – de emlékezzünk arra, hogyan határoztuk meg már korábban a „megindítást”, a „kiváltást”. Azt mondtuk: minden jelenség bekövetkezéséhez az okok és feltételek egész komplexusa szükséges. Adott esetben ez a komplexus már majdnem teljes, csak egyetlen okra vagy egyetlen feltételre van még szükség, hogy a komplexus teljessé váljék. Ennek a még hiányzó oknak vagy feltételnek a megjelenése tulajdonképpen az indítás vagy kiváltás. Ilyen értelemben világos, hogy ha az illetőnek már melege van, illetve már éhes, amikor a zuhanyozóról vagy az enivalóról fénysugarak érkeznek a szemébe, akkor ez utóbbiak indítják meg a cselekvést. De az olvasó láthatja, hogy a „már” időhatározószó nem szükségszerű idői viszonyt jelöl. Lehetséges, hogy az illetőnek, miközben az ingerek érik, támad melege vagy éhsége. Ez esetben az utóbbiak a „megindítók”. Valaki ül az asztalnál, és ír vagy olvas; szemben vele az asztalon egy pohár víz. A pohár vízről időnként (amikor pillantása véletlenül arra irányul) fénysugarak érkeznek a szemébe. De csak akkor fog – a pohár vízre pillantva – odanyúlni és inni, ha közben megszomjazik. Ez esetben a szomjúság, egy fiziológiai szükségállapot, a cselekvés megindítója. Min-

denesetre láthatjuk, hogy a megfordított szituáció is nagyon általános. Az adiafor hatásoknak a fordított szituációban is fontos és nélkülözhetetlen szerepe van — de ez nem „kiváltás”. Később ennek a szerepnek az ismertetésére is rátérünk.

Valamit újra külön kiemelünk, mert későbbi fejtegetéseinkben nagy súllyal kell majd rá hivatkoznunk. Fogalmilag mind élesebben elkülönülnek egymástól *egyrészt a környezeti fő történés, mely valamilyen biológiailag releváns eseményhez vezet, másrészt a melléktörténés, az ingerfolyamat, mely adiafor hatáshoz vezet.* A fő történés példainkban egyre korábbi előzményeivel — szakaszaival, feltételeivel, e feltételek megjelenésével, e megjelenés feltételeivel stb. — együtt szerepel. A melléktörténés ezekről „ágazik le” (mint melléktermék). *Úgyiszlóván minden kauzál-kondicionális előzményhez, antecedenshez tartozik (vagy tartozhat) valamilyen ingerfolyamat, illetve adiafor hatás. Az adiafor hatás mintegy kísérője a biológiailag releváns következménnyel járó környezeti történéseknek — egyre korábbi szakaszokig, feltételekig, előzményekig visszamenőleg.*

Az olvasónak már most feltűnhet továbbá, hogy a környezetben végbemenő fő történések rendkívül sokféleségével szemben a *kísérő melléktörténések — ingerek és adiafor hatások — minőségileg viszonylag kis számúak;* eddig csak háromfélét ismertünk meg: fényt, levegőrezgést és áramló gázokat. Láttuk, hogy ugyanezek a legkülönbözőbb környezeti történésekről — előzményekről, feltételekről, tárgyakról (a mozgó tárgyról, a vízsugárról, a közeledő állatról, az enivalóról, a zuhanyozóról, a kereskedés ajtajáról, a pohár vízről) — ágaznak le. A következőkben még néhány ilyen melléktörténést és adiafor hatásféleséget fogunk megismerni, de számuk akkor sem lesz több, mint amennyit ujjainkon meg tudunk számolni.

## 7. Az adiafor hatás átminősülése életfolyamattá

Amint az *adiafor hatás* a — most már tágabb értelemben vett — megelőző intézkedés determinációjába bekapcsolódik, *biológiai „státusa” másodlagosan megváltozik: egy életfontosságú folyamat kezdeti szakaszává válik.* A fényérzékeny anyagok állapota, mely elsődlegesen teljesen jelentéktelen mozzanat, ezzel maga is  $\eta$ -

változóvá lép elő; bizonyos értéktartományon belül kell maradnia. A receptorsejtek, melyek ezeket az anyagokat tartalmazzák, gondoskodnak azok funkcióképes állapotáról. „Funktiónképes” itt azt jelenti, hogy a fény fotokémiai hatását fel tudják venni, vagyis az új  $\eta$ -változók meghatározott módon eltolódhatnak. Nevezük ezeket *terminális  $\eta$ -változóknak*.

Ki kell azonban emelnünk, hogy ezek az  $\eta$ -változók nagyon különböznek az organizmus többi  $\eta$ -változóitól. *Egyetlen mozzanatuknak van ugyanis csak jelentősége az organizmus élete szempontjából: annak, hogy bizonyos időpontban — és pedig mindig valamikor a káros vagy kedvező esemény bekövetkezése előtt — specifikus módon variálnak, eltolódnak*. Hogy egyébként milyenek, vagyis minden más tulajdonságuk, így is mondhatjuk: „önjellegük”, teljesen irreleváns. Ez az irrelevancia — alapkövetelmény, csak így felelhetnek meg egyetlen feladatuknak, mely másodlagosan rájuk hárul: *a megelőző intézkedés megfelelő időpontban való kiváltásának, vagy egyszerűbben időzítésének*. Minden más  $\eta$ -változónál lényeges az „önjelleg” — még akkor is, ha az eltolódásnál az optimális tartományon belül maradnak.

Az új (és másodlagos)  $\eta$ -változók „irreleváns eltolódása” is más jellegű, mint a többi  $\eta$ -változóké. A fényérzékeny anyag, mely a fény adiafor hatását felveszi, más hatások következtében természetesen károsodhat (ilyen pl. a túl erős fény) — ami itt azt jelenti, hogy az adiafor hatást (a közeledő tárgyról jövő fény hatását) nem tudja többé felvenni és az időzítő funkciót ellátni. Az optimális tartományon belül minden eltolódás természetesen irreleváns, de nincs a tartományban egy abszolút optimális (az organizmusra nézve biológiailag legkedvezőbb) pont (mint ahogy azt korábban az  $\eta$ -változókról megállapítottuk — bár már ott utaltunk a kivételekre); valamennyi eltolódás az optimális tartományon belül *abszolút irreleváns*. Ha nem így volna, akkor feltehetnők a fonák kérdést: mi előnyösebb vagy kedvezőbb az organizmus részére (a megelőző intézkedés kiváltása szempontjából) — ha egy zöld vagy ha egy kék tárgy közeledik feléje, és a hosszabb vagy a rövidebb hullámhosszúságú fény idézi fel a terminális  $\eta$ -változók eltolódását?

Amit most kifejtettünk, már emlékeztet bizonyos mozzanatok különleges szerepére egy adott ösztörtetésben — arra a szerepre,



melynek fundamentális jelentőségét a modern információelmélet tárta fel. Mégis ezen a ponton még korai lenne az információelméleti elemzés. Az „időzítés” még nem információ. Egy jó darabon még követnünk kell az adiafor determináció alakulását és kibontakozását, hogy az információs funkció megjelenésének további feltételeit regisztrálhassuk. Mindenesetre már most azt állítjuk, hogy az adiafor hatások bevonása a megelőző intézkedés kiváltásába az első és szükségszerű lépés abban a csodálatos folyamatban, melynek során a törzsfejlődés mintegy „felfedezi” az információt.

A közvetlen hatás, melyet a közeledő tárgyról a látóapparátusba kerülő fény a recehártya érzékeny anyagaira gyakorol, egy közvetítő történés segítségével váltja ki a megelőző intézkedést. Ez a közvetítő történés lényegében *a nervózus ingerület, az idegimpulzus*. A fotokémiai hatások először speciális sejtekben, (érvéksejtekben) idéznek fel idegimpulzust, s ez továbbterjed a neuronláncon át egészen a hatószervegig, melyek a megelőző intézkedést végrehajtják. Fő jellemzője ennek a történésnek: a speciális vezetékben való továbbterjedés — amire nyilván azért van szükség, mert a fénysugarak támadási pontja a testfelületen (illetve a recehártyán) általában távol van a testnek azoktól a részeitől, melyek a megelőző intézkedést végrehajtják.

Az idegrendszeri történés természetéről közelebbit nem mondunk (és később is csak egyes nagyon általános, de elméleti elgondolásaink szempontjából fontos mozzanatokra szorítkozunk). Mindenesetre különleges tárgyalási módunk céljára — ugyanolyan megfontolások alapján, mint a fény közvetlen fotokémiai hatását — ezt is mint bizonyos  $\eta$ -változók (idegrendszeri  $\eta$ -változók) eltolódását fogjuk fel. Funkciója ugyanaz, mint amit a terminális  $\eta$ -változók eltolódásáról mondtunk: „önjellege” ugyancsak lényegtelen, funkciója ellátásához csak az a „tulajdonsága” kívántatik meg, hogy megfelelő időpontban fellépjen. Az eltolódások itt is abszolút irrelevánsak (a fent meghatározott értelemben), sőt variációs dimenziójuk sajátosan korlátozott, aminek következtében az „abszolút irrelevencia” különleges formát ölt. Ezt majd később a megfelelő összefüggésben részletesebben ismertetjük.

Az ingerlékenységet, melyet korábban az ingerrel való viszonyában vizsgáltunk, most az ingerület felől közelítjük meg. Vajon

az ingerlékenység azt jelenti-e, hogy az élő anyag már ősi fokon képes arra, hogy külső hatásra ingerületi állapotba kerüljön? Lényegében ugyanolyanba, mint a nervózus ingerület, mely az adiafor hatásra áll elő? Az ingerlékenységet a biológusok első megközelítésben úgy határozzák meg, hogy az élő anyag a külső hatásra valahogyan reagál. Nem akarunk itt ennek a nagyon elterjedt megállapításnak a bírálatába bocsátkozni, csak annyit jegyzünk meg: valójában minden anyagi rendszer felvesz külső hatásokat, és valahogyan reagál rájuk (néha éppen az élő organizmusoknál nehéz az ingerlékenységet ilyen alapon kimutatni, pl. az egyszerű baktériumoknál, ahogy erre már rámutattak, GRADMANN, H., 1962). Mindenesetre a közkeletű meghatározások legtöbbször – rejtve vagy nyíltan – még két mozzanatot tartalmaznak – éspedig olyanokat, melyek a nem élő anyagi rendszereknél ritkán vagy egyáltalában nem fordulnak elő. Az egyik: az élő organizmus viszonylag gyenge külső hatásra is reagál, és e reakció erő kifejtése a külső hatáshoz képest nagy, tehát nem magának a hatásnak, hanem az organizmusnak a felszabadított energiáit használja fel. A külső hatásnak „kiváltó” jellege van (KÜHN, A., 1931). A másik az, hogy a kiváltott reakció mindig adaptív jellegű.\* Továbbá úgy gondolják, hogy az ingerlékenység a többsejtű állatok idegsejtjeire fokozottan áll, hiszen erre a funkcióra differenciálódtak. De hogyan egyeztethető ez össze az itt tárgyalt tényekkel? Ahhoz ugyanis, hogy a recehártýára eső fény az idegsejtben ingerületet idézzen fel, előbb speciális fotokémiai hatást kell gyakorolnia bizonyos anyagokra. Vagyis a hatást először át kell tenni egy másfajta (kémiai) folyamatba. De ez sem elég. Egy különleges erősítőre van szükség, hogy az idegimpulzus megjelenhessék. Mint láttuk, analóg jellegű átalakítás és felerősítés a többi eddig tanulmányozott adiafor hatás érvényesülésénél is fontos szerepet játszik. Tehát: vagy arról van szó, hogy az idegsejt eseté-

\* Az egyikre példa KÜHN, A. leírása (1931), a másikra egy modern fiziológus meghatározása: „A sejt egyik legalapvetőbb tulajdonsága az ingerlékenység („excitability”), melyet mint a sejtnek azt a képességét definiáljuk, hogy reagál a külső vagy belső környezet változásaira. Az ilyen reakció természetes következménye: nemcsak az egyéni sejtnek, hanem az organizmusnak mint egésznek a funkcióját szabályozza” (OCHS, S., 1963, 18. o.).

ben az ingerlékenység különleges feltételekhez kötött — vagy pedig az ingerlékenységnél nem okvetlenül az élő anyag olyan állapota idéződik fel, mely nervózus ingerületnek minősíthető. Az, hogy az ingerület minden sejtfeleség egyik elsődleges reakciója, mely valamilyen hatásra megjelenik, feltételezhető (bár szigorú értelemben nem látszik bizonyítottnak), de számunkra nem lényegbevágó kérdés. Akár ősi, akár más megnyilvánulásokból lezármazott forma, az állati többsejtűek életében mindenképpen az adiafor determináció megvalósítására differenciálódott. Ő vette át (vagy alakította ki) az  $\eta$ -változó szerepét.

Eddig kevés figyelmet szenteltünk annak, amit — semleges kifejezéssel és csak funkcióját megjelölve — megelőző „intézkedésnek” neveztünk. Példáinkban ez az intézkedés nem egyéb, mint egy *viselkedés*, *cselekvés*. Fiziológiai történetanyaga: izomműködés, pontosabban izomösszehúzódás. Az organizmus olyan megnyilvánulásairól van itt szó, melyeket a bevezető fejezetben mint *etológiai sajátosságokat* foglaltunk össze. Az a mozgás, melyet az állat és ember végez, amikor a feléje közeledő tárgy pályájából kitér, vagy a másfelé tartó történés pályájába lép — vagyis: a járás, lépés, esetleg ugrás —, sajátos viselkedésformáinak egyike; lényege az, hogy a végtagok és testrészek egymáshoz viszonyított helyzetüket oly módon változtatják, hogy végül az egész test elmozdul a térben. (Ez egyébként csak példáinkban van így: adott esetben elég lehet, ha az állat vagy ember csak a fejét vagy a törzsét hajlítja oldalra — ahhoz, hogy a tárgy mozgási pályájából kilépjen vagy abba bekerüljön.) Ugyancsak: az a „megelőző” intézkedés, mellyel pl. az ennivaló után nyúlunk, megragadjuk és szájüregünkbe vezetjük, és minden azt előkészítő intézkedés — jellegetes viselkedésformák. A különböző izmok összehúzódásának eredményeként a végtagoknak és a test részeinek kölcsönös téri viszonyai — s így téri helyzetük — a legkülönbözőbb módon és együttesben variálhatnak. Mint már korábban utaltunk rá, ezek a helyzetek azok az  $\eta$ -változók, melyekre a komplexebb etológiai változók lebonthatók.

Példáink már demonstrálják a *cselekvés teljesítményének fő jellegeit*: 1. *Az organizmus megváltoztatja téri viszonyát a környezethez: helyét változtatja; ez az, aminek következtében a káros hatás elmarad vagy a kedvező hatás, illetve esemény bekövet-*

kezik. Kizárólag a hely megváltoztatása az, ami itt biológiailag számít — s nem az, hogy ezt az organizmus izmainak valamilyen működésével éri el. Az anya gyermekét megfogja, kiemeli a közeledő tárgy mozgásának pályájából, és leteszi biztonságos helyen. A gyermeknek ez a helyváltoztatása biológiailag pontosan ugyanolyan értékű, mintha saját izmainak működése útján került volna ki a veszélyes helyzetből. *A helyváltoztató mozgás, a lokomóció*, mint látni fogjuk, az állati cselekvés egyik legősibb formája.

2. Az organizmus beavatkozik a környezetbe, megváltoztatja azt, pl. környezeti tárgyakat megmozgat (az ennivalót, a poharat, a kereskedés ajtaját). Idevágó példáinkban az ember szerepel, de az ilyen típusú viselkedés az állatoknál — úgyszólván minden törzsfajlódási fokon — megjelenik, és nagyon változatos formákat ölt. Mindenesetre az embernél óriási arányokban bontakozik ki. Ezt a viselkedésformát általában *manipulációnak* nevezik (mint-hogy az embernél külön végtag, a kéz — „manus” — képződött ki annak végrehajtására).

Az csak természetes, hogy az etológiai  $\eta$ -változók eltolódásai, az izomrostok összehúzódása, az egész izom megrövidülése, a végtagok és a testrészek egymáshoz viszonyított téri helyzetének megváltozása — önmagukban biológiailag irreleváns események, csak a környezethez való viszony vagy a környezetnek megváltoztatása útján nyernek biológiai jelentőséget. Másként az egész művelet értelmetlenné válnék; ha pl. a végtagok egymáshoz viszonyított helyzetének változtatása az organizmusban (pl. éppen a végtagokban) végbemenő életfolyamatokat károsan befolyásolná, az azt jelentené, hogy az organizmus „elvesztené a vámon, amit nyert a réven”. Ilyen berendezkedés aligha alakulhatott volna ki. Később látni fogjuk, milyen szerkezeti biztosítékok vannak magában a mozgásapparátusban arra, hogy az etológiai  $\eta$ -változók semmilyen izomműködésnél sem kerüljenek ki az optimális tartományból, sőt variációik mindig abszolút irreleváns jellegűek maradjanak.

Ezen a ponton valaki talán úgy érezhetné, hogy fejtegetéseink tulajdonképpen elvétik a fő problémát. Hiába állapítjuk meg ugyanis, hogy a fenti példákban a megelőző cselekvést adiafor külső hatások váltják ki, nem oldottuk meg a sokkal kardinálisabb problémát: hogyan lehetséges, vagy milyen különleges fejlődés

eredményeként alakulhat ki az, hogy ezek az adiafor hatások pontosan azt a cselekvést váltják ki, mely az éppen fenyegető káros hatást elhárítja, vagy az éppen lehetséges kedvező eseményt előmozdítja. Ez valóban alapvető kérdés — sőt a par excellence biológiai érdeklődésű olvasó számára ez lehet a fő probléma. De mi eleve nem ennek a megoldására vállalkoztunk. Viszont úgy véljük, hogy a probléma, melynek megoldására törekszünk, ha szerényebb is, elsődlegesebb. Azt próbáljuk megállapítani, *hogyan lehetséges egyáltalában — megelőző intézkedés*. Kizárólag erre a kérdésre igyekeztünk szigorú logikával és plauzibilis biológiai megfontolások alapján válaszolni. Csak miután megállapítottuk, minek és milyennek kell lennie annak, ami a megelőző intézkedéseket a megfelelő időpontban előhívja, és ezt a tényeken igazoltuk, következhetik a kérdés, miért hívják elő éppen azt, amit előhívunk. Ez utóbbi kérdés talán izgalmasabb, mert közvetlenül arra vonatkozik, amit oly gyakran megcsodálunk, s amit a biológusok úgy írnak le: az élőlények alkalmazkodnak környezetükhöz. De valójában ugyanerre vonatkozik, sőt az organikus élet csodájának egyik mélyebb titkát tárja fel — ha nem is közvetlenül és könnyen felismerhetően — az elsődleges probléma megoldása.

Jellegzetes, hogy a regeneratív intézkedésekkel kapcsolatban semmilyen „elsődleges” probléma nem merülhet fel: eleve világos, mi az, ami a regeneratív folyamatokat megindítja. Itt csak a másik kérdés vetődik fel: hogyan lehetséges, hogy a károsodás automatikusan olyan folyamatokat hív elő, melyek őt magát (a károsodást) helyrehozzák? Erre is éppoly kevésbé tudunk válaszolni, mint arra, hogy hogyan kapcsolódhat az adiafor hatáshoz, illetve az azok által felidézett idegrendszeri folyamatokhoz, éppen a megfelelő megelőző cselekvés.

Egyébként a kutatás az utóbbi kérdésről is sok mindent feltárt. Már most felismerhető, hogy a feltételes kapcsolatok kialakulása a probléma megoldásában fontos szerepet játszik — és mindaz, amit THORNDIKE óta az állati tanulásról megállapítottak. Erre még később visszatérünk.

Még meg kell jegyeznünk: az elsődleges problémát fent pregnánsan és röviden akartuk megadni, ezért szándékosan kevésbé szigorúan fogalmaztunk. Valójában, ahogy erre már korábban utaltunk, nem minden fajta megelőző intézkedés kiváltásához van

szükség kívülről jövő indítékra. Egész sor ilyen intézkedés ismeretes mind a növény-, mind az állatvilágban. A probléma tehát csak bizonyos jellegű „megelőző” intézkedésre vonatkozik. De, mint látni fogjuk, a törzsféjlődés során ezek jutnak egyre nagyobb jelentőségű szerephez az állati életben, és ez a szerep betetőződik az embernél.

## II. AZ ÁLLATI MOZGÁS IRÁNYÍTOTTSÁGA

### 8. A megelőző cselekvés elsődleges formái

Miután a „megelőző” cselekvés fogalmi körét pontosabban megadtuk és kiszélesítettük (kiterjesztettük olyan esetekre is, amelyekben a cselekvés eredménye nem egyszerűen az, hogy valami elmarad), visszatérünk az adiafor determináció megvalósulásának harmadik általános feltételére, ahogyan azt a 3. fejezetben megadtuk: az organizmusnak olyannak kell lennie, hogy az adiafor hatásokhoz a megfelelő megelőző cselekvések kapcsolódhatnak. Megkíséreljük e feltétel megvalósulásának lehetőségeit közelebbről megvizsgálni. Ehhez röviden áttekintjük a megelőző cselekvés őstörténetét.

A legmélyrehatóbb különbség növény és állat között, mint ismeretes, a táplálkozás módjában van. A növény a környezet szerves anyagait veszi fel, és azokból építi fel saját különleges alkotóanyagait. Nagy jelentőségű fordulat az élővilág fejlődésében az újfajta táplálkozásmód megjelenése, melynek lényege: *az egyik élőlény megrabolja a másikat*, annak már kész organikus anyagait veszi fel és hasonítja át saját különleges alkotó anyagaivá. Valójában ezzel a táplálkozásváltozással (metazitismus) jelenik meg földünkön az állat.

Bennünket ennek a fejlődéstörténeti fordulatnak csak egy, de ugyancsak rendkívüli jelentőségű velejárója érdekel. Ez a következő: azok az anyagok, melyeknek felvételére a növénynek szüksége van, nagyjából mindenütt jelen vannak: a vízben, a levegőben, a talajban; úgyszólván minden ott van „helyben”, ahol a növény éppen él. Helyhez kötött életformája ennek megfelelő. Az állat számára szükséges anyagok — más növények és állatok vagy azok formált alkotórészei — nincsenek mindenütt jelen — legalábbis, nincsenek jelen az állat közvetlen környezetében. Közelfekvő, hogy az állati élet egyik feltétele már kezdettől fogva: *olyan működés, mellyel környezetét változtatja*. Ennek egyik formája a *helyváltoztató mozgás, a lokomóció*, melynek során az állat új

környezetbe jut, környezetet „vált”. De nem ritka – már az állati élet legkezdetén – a másik működésforma, melynek során az állat környezetét változtatja meg, pl. a környező közeget mozgásba hozza, a vizet maga felé „örvényelteti”, vagy az organizmusba való beáramlását idézi fel és hasonlók. Mindennek nyilvánvaló biológiai értelme: *Az állat megváltoztatja környezetét arra a valószínűsége fel, hogy az új vagy a megváltozott környezetben élete fennmaradásához szükséges anyagokat vagy feltételeket talál.*

A fontosabbik, fejlődéstörténetileg a legváltozatosabban alakuló és a legmagasabb fokig tökéletesedő működésforma az állatvilágban: *a helyváltoztató mozgás, a lokomóció.* A visszatérés a helyhez kötött életformához csak rövid közjátéknak tekinthető az állati törzsfjlődés kezdeti szakaszaiban. A lokomóció csak az embernél válik – a kéz kiképeződése és a manipulációs tevékenység nagyarányú tökéletesedése folytán – másodrendű működéssé. Különleges szempontunkból való vizsgálatainkat egyelőre a lokomóciós működésformára korlátozzuk.

A nem helyhez kötött egysejtű és primitív többsejtű állatok – ahogyan ezt elméletileg el is vártuk – úgyszólván állandóan helyváltoztató mozgásokat végeznek: úsznak, lebegnek a vízben, vagy mozognak valamilyen tárgy vagy a talaj felületén. E mozgások lebonyolítására – már az egysejtűek állatkörében is – változatos „apparátusok”, szervecskék szolgálnak: ostorok, állábak, csillók. Az idevágó kutatásnak két fő problémája volt: 1. mi váltja ki, mi indítja el ezeket a mozgásokat? 2. Hogyan alakítják vagy módosítják e mozgásokat a kívülről jövő hatások, melyeket a kutatók sommásan „ingereknek” neveztek?

Az első kérdésre vonatkozóan mindenekelőtt egy elvi álláspontot szögezzünk le: minthogy az állati élet alapfeltétele a környezetnek legalábbis időnkénti megváltoztatása, feltehető, hogy *az állati organizmus szerkezete már eleve olyan, hogy belső indítékok környezetváltoztató mozgásokra készíthetők;* e mozgásokat nem szükségszerűen külső hatások váltják ki. Sőt inkább úgy véljük, éppen az ilyen belső indítékú, spontán mozgás – az ősi és legtipikusabb állati megnyilvánulás. A – legalábbis indulásukban – spontán mozgások egyre bonyolultabb és magasabb rendű formában fennmaradnak az egész állati törzsfjlődés folyamán és megtalálhatók az embernél is.



Érdekes, hogy — különösen a régebbi kutatók — idegenkedtek a gondolattól, hogy spontán állati mozgás egyáltalában létezik. Abban valamiféle engedményt láttak a vitalizmus javára, mintha a spontán mozgás „kiszakadást” jelentene a természeti történések okozatilag determinált láncolatából. A spontán mozgást csak „látszólagosnak” tekintették, és úgy magyarázták, hogy az az állat „fokozott ingerlékenységi” állapotában jelenik meg, amikor már nagyon gyenge ingerhatások érvényesülnek — hatások, amelyek nem ismerhetők fel vizsgáló eszközeinkkel, de amelyek mindig jelen vannak az organizmus környezetében, s amelyek alól az organizmus nem vonhatja ki magát (pl. PÜTTER, A., 1911. 557. o.). Ugyancsak kételkedtek a spontán viselkedés létezésében más korai kutatók, különösen a behaviorista pszichológusok, akik különleges elméleti okokból elsősorban az S—R (inger—reakció) formula fenntartása érdekében, eleve feltételezték, hogy minden viselkedést — akárha csak „laza” kapcsolat alapján — valamilyen inger vált ki (pl. HULL, C. L., 1943). A spontán viselkedést egyébként az ugyancsak behaviorista szemléletű kutató, SKINNER „fedez fel” újra és állítja vizsgálatai előterébe. Új nevet is ad neki: operáns viselkedés. Leírása markáns, ezért szó szerint idézzük: „Nem állítom, hogy a spontán viselkedés esetében nincs valamilyen felidéző erőhatás, csak azt, hogy az nem a környezetben található. Nem is tudjuk ott megtalálni, és nem is szükséges, hogy ott megtaláljuk. Az effajta viselkedésről azt kell mondanunk, hogy az organizmus bocsátja ki . . .” („is emitted by the organism”, SKINNER, B. F., 1938, 20. o.). Egyébként a kérdés kissé más formában — mint az endogén és exogén tényezők szerepének kérdése a viselkedés determinációjában — hosszú időn át vita tárgyát képezte az etológiai és biológiai kutatásban. A gondolkodás gyakran végletek felé sodródott — „csak” endogén vagy „csak” exogén tényezők jönnek számításba. Az idevágó kontroverziaról kitűnő beszámolót talál az olvasó P. MARLER és W. J. HAMILTON könyvében (1966), mindjárt annak első fejezetében. Alapvető elgondolásukkal egyetértünk, de nem látjuk bizonyítottnak, hogy e kontroverzianak mélyebb köze lenne egy másikhoz, a vitalista és mechanista felfogás közötti kontroverziához.

Bármennyire ősi — véleményünk szerint — a spontán helyváltoztató mozgás, ilyen mozgásokat már a legalacsonyabb fokon külső hatások is megindíthatnak. E külső hatások általános természetének megismeréséhez — valamint a második kérdés megválaszolásához — előbb egy kis kitérőt teszünk: számba vesszük azokat a fejleményeket, melyek a helyváltoztató mozgás során az organizmus és a környezet viszonyában természetes módon előállhatnak. Három ilyen fejleményt fogunk szemügyre venni.

1. Az első valójában a biológiai „rendeltetés” betöltése: az állat mozgása közben táplálékot talál. A „talál” szó itt egyszerűen azt jelenti: téri érintkezésbe kerül a táplálékkal. Ezzel előáll a *biológiai alaphelyzet*, melyben minden élőlény — növény és állat — a táplálékot felveheti. A legkezdetlegesebb egysejtű állat, amikor mozgása közben a táplálékkal érintkezésbe kerül (akárcsak, ha az álláb éri el azt), éppen úgy bekebelezheti, mint a növény gyökerei a talajban levő anyagokat vagy levelei a széndioxidot. Ezt a „természetességet” azért hangsúlyozzuk, mert a biológusok és összehasonlító fiziológusok a folyamatot — mintaképpül véve a magasabb rendű állatok táplálékfelvételi módját — hajlamosak így leírni: a táplálék a primitív állat testfelületéhez érve mint „érintési inger” hat (vegyi vagy mechanikus hatás formájában), mire megindulnak az organizmus működései, melyeknek eredményeként a táplálék (vagy általában az élethez szükséges anyag) az organizmus belsejébe kerül. Ez az inger—reakció típusú leírási forma nagyon elterjedt. Mégsem tartjuk indokoltnak — mint ahogy nem indokolt az ilyen leírási forma a talaj anyagainak felvétele esetében a növélynél. A leírási forma akkor sem indokolt, ha az állat a „hozzáérő” táplálékot másfajta műveletekkel kebelezi be, mint a növény gyökerei az ugyancsak „hozzáérő” anyagokat. Kétségbe vonjuk, hogy amikor az egysejtű állat testfelületéhez táplálék ér, mindjárt kezdetben valami olyasmi történnék, ami a tapintás vagy ízlelés ősfarmája. Felfogásunk szerint csak *az alaphelyzet valósul meg, melyben az élő organizmus különleges szerkezete és kemizmusa folytán közvetlen környezetéből meghatározott anyagokat felvesz. Az állat mozgásával valósítja meg az alaphelyzetet, mely az újfajta táplálékszükséglet következtében felbomlott, és helyreállítása az állati organizmus újszerű, külön műveletévé, funkciójává vált.* Ez a helyreállítás — az állati mozgás.

Mindenesetre már az egysejtűek állatkörében a helyzetet bonyolítja egy további körülmény. Az állat tápláléka nemcsak vegyi összetételében különbözik a növényétől, hanem általában formájában is; az organikus anyag, melyet az állat környezetében talál, legtöbb esetben – talán ez a legjobb leírási forma – „darabos”. Ennek felvétele már eleve más technikát kíván meg, mint a növények tápanyagainak felvétele. A darabos táplálék a legprimitívebb formáknál (még az amoebánál is) a sejtfelület bármely pontján (tehát az állábon is) bekerülhet a sejttest belsejébe. De csakhamar külön nyílás jelenik meg a sejtfelület egyik pontján, a szájníylás őse, a cystostoma (és annak különböző formái). A darabos táplálék csak ezen keresztül vehető fel. Ez a fejlemény számunkra csak azért érdekes, mert az *alaphelyzetet leszűkíti*; az utóbbi csak akkor valósul meg igazán, ha a táplálék a felvevő nyílással kerül érintkezésbe, az alaphelyzet előállásának valószínűsége ezzel kissé csökken. (Egyelőre nem térünk ki arra a speciális változatra, amelyben az állat a darabos táplálékot valamilyen közeggel, a vízzel együtt veszi fel; ez esetben ugyanis a pusztá lokomóción kívül – mely a táplálékkal érintkezésbe hozza – különleges környezetmozgató működésformák lépnek fel; ezeket később fogjuk röviden tárgyalni.)

Az alaphelyzet megvalósításával kapcsolatban még regisztrálnunk kell egy különös változatot. Van egy speciális eset, amelyben az állat az újszerű táplálkozasmód következtében sem kényszerül környezetváltoztató mozgásra. Talál olyan környezetet, melyben a szükséges formált organikus anyagok állandóan és közvetlen közelében jelen vannak (ugyanúgy, mint az anorganikus anyagok a növény környezetében): ez a *parazita életforma*. A parazita a gazdaállat (vagy -növény) testébe fészkel be magát, s a gazda szolgáltatja számára folytonosan a táplálékot tartalmazó közvetlen környezetet. Ezt az életformát a törzsfajlódás minden szintjén megtaláljuk, de különösen gyakran az élővilág fejlődésének legkorábbi szakaszaiban. A legprimitívebb élőlények, melyek talán az átmenetet képezik élő és élettelen között – a vírusok, már élősdí módra tartják fenn magukat; a metazoák sejtjeiben vagy egysejtű állatok plazmájában, sőt néha a sejtmagban telepednek meg. Azt kell mondanunk, hogy az élő világ fejlődésében és alakulásában semmilyen lehetőség sem marad kihasználatlanul.

A 2. fejlemény: az állat mozgása közben valamilyen *akadályba* ütközik. Az akadályba ütközésnek egyelőre nincs semmilyen károsító hatása — csak éppen: *az állat mozgása a már felvett irányban lehetetlenné válik*. Az állat viselkedésének alakulása ez esetben jellegzetes: *a mozgás* általában nem áll le, de *irányt változtat*. Hogy az állat milyen más irányt választ, nem az akadály természete vagy valamilyen külső tényező határozza meg (kivéve, ha az akadály — függetlenül a vele való összeütközéstől — valamilyen biológiailag releváns hatás kiindulópontja; erről később), hanem — megint ugyanúgy, mint a mozgás megindulásánál — valamilyen belső protoplazma-történet; az irányváltoztatás — kissé antropomorf terminológiával — éppúgy vak és irányítatlan, mint maga a mozgás volt. Az egyetlen törvényszerűség ezúttal is: *az állat mozgása más irányt vesz fel arra a valószínűségre fel, hogy az új irányban nem ütközik többé akadályba*. Az irányváltoztatás gyakran azzal az igen fontos eredménnyel járhat, hogy *az állat megkerüli az akadályt* (vigyázat: nem „elkerüli” — ez későbbi fejlemény).

Az irányváltoztatás természetszerűen folytatódhat, ha az új irányban ismét akadály állja el az állat útját. S az ismételt irányváltoztatás mindaddig tarthat, amíg az állat akadálytalan utat nem talál. Ebben a folytatatólagos irányváltoztatásban mutatkozik legprimitívebb formában az a jellege, melyet *próbálkozásnak* nevezünk. Mind az akadály megkerülése, mind a próbálkozó jelleg az állati lokomóciós viselkedés ősi vonásai, melyek — természetesen egyre bonyolultabb formában — megtalálhatók minden állat viselkedésében (beleértve az embert is).

Megint, úgy véljük, tartózkodnunk kell olyan fajta magyarázattól, mely az akadályhoz érkezés után fellépő irányváltoztatás okát valamilyen „mechanikus ingerben” látja, valamilyen „nyomásban”, melyet az elért akadály gyakorolna a primitív sejttestre. Ezzel megint észrevétlenül egy magasabb rendű folyamat determinációjának fogalomrendszerét használnók fel egy primitívebb folyamat determinációjának leírására. Gondoljuk meg: az állat elérkezik az akadályhoz, ami után lokomóciója kétféleképpen alakulhat: vagy megáll, vagy irányt változtatva tovább megy. Közelfekvő megint az a feltevés, hogy *az állati organizmus szerkezete már eleve olyan, hogy a mozgást folytatja — olyan*

*irányba, amilyenbe lehet.* A fenti leírási forma majdnem (mindenesetre nem egészen) olyan inadekvát, mintha azt mondanók, hogy az ömlő vizet, amikor egy akadályhoz ér el, az utóbbi részéről valamilyen „mechanikus inger” (vagy hatás) érné, és ez okozná, hogy más irányba folyjék. Később majd látni fogjuk, hol lépnek be az akadályt megkerülő lokomóciós formák determinációjába az „ingerek” (akkor már nem is kerül szükségszerűen sor tényleges összeütközésre).

## 9. A taxisok különleges determinációs problémája

A 3. fejleményt külön tárgyaljuk, mert a primitív állati organizmusok olyan lokomóciós formáihoz vezet el, melyeket a századforduló — JENNINGS úttörő vizsgálatai — óta a legbehatóbban tanulmányoztak. Mi természetesen ennek a jelenségkörnek is csak különleges kérdésfeltevésünk szempontjából fontos mozzanatait tárgyaljuk.

A 3. fejlemény: *az állat mozgása közben valamilyen biológiailag releváns hatás körzetébe kerül.* Nézzük először azt a változatot, amelyben a hatás károsító. Azok a mozgásjelenségek, melyek ilyenkor beállnak, az egysejtűek viselkedésére vonatkozó kutatás fő tárgyai. Az idevágó, nagy terjedelmű irodalom részleteibe nem bocsátkozunk, csak kiemelünk néhány mozzanatot. Az állat reakciója, amikor a káros hatás körzetébe lép, sokban hasonlít ahhoz a megkerülő reakcióhoz, melyet az akadály elérésénél tanúsít. A fő különbség talán abban van, hogy a reakció első rövid fázisa, ahogyan ezt újabban különösen hangsúlyozzák (PÁRDU CZ, B., 1956), egyfajta „hátrálás”, az állat mozgása 180°-ban irányt változtat (a csillósoknál a csillók hirtelen ellentétes irányba csapkodnak). A további lefolyás, úgy látszik, megint próbálgatás jellegű (az erre vonatkozó polémia számunkra nem lényeges). A reakciót általában „fobotaxis” néven írják le. A szemlélőnek néha valóban úgy tűnik, mintha az állat valamit „észlelt” és „megijedt” volna — és keresné a menekülés útját (többen így is írták le: ijedtségi reakció — „Schreckreaktion”, pl. KÜHN, A., 1919 és 1931).

Hasonló reakció természetesen akkor is bekövetkezik, amikor az állat nem mozgása közben kerül a károsító hatás körzetébe, hanem e hatás a nyugvó állatot éri. Ilyenkor *a külső hatás megindítja a mozgásreakciót*. Ezzel visszajutottunk az első kérdéshez is: külső károsító hatások nemcsak módosíthatják a már folyamatban levő mozgást, hanem azt meg is indíthatják. A kettő között a determináció szempontjából különbség nincs.\*

Általában taxison a primitív növényi és állati organizmusok olyan helyváltoztató mozgásait (vagy azok olyan módosításait) értik, amelyeket bizonyos külső hatások váltanak ki, és amelyeknek eredményeként az állatok olyan helyre kerülnek, melyben e hatások nagyobb intenzitásban érik, vagy eltávolodnak olyan helyektől, ahol e hatások fellépnek. Külön kiemeljük, hogy *a taxisokat a felerősítendő vagy csökkentendő hatás maga váltja ki*. A két elméletileg megkülönböztetendő hatás — a kiváltó hatás és a pozitív vagy negatív „célhatás” — tehát ugyanannak a folyamatnak különböző erősségű változatai. Már JENNINGS úgy vélte, hogy a fent leírt phobotaxisokat kiváltó hatások kedvezőtlenek a primitív organizmusokra, vagyis biológiailag releváns hatások (melyeknél az  $\eta$ -változók az optimális tartományból kikerülnek). Ezek a taxisok szerinte akkor lépnek fel, amikor az állat a hatáskörzet (általában így nevezték: „ingermező”) olyan zónájába kerül, amelyben a hatásintenzitás kedvezőtlené válik (akár túlságos felerősödése, akár túlságos csökkenése miatt, mint pl. a kemotaxis esetében, melyet a szénsav lokális koncentrációja

\* Adott esetben úgy tűnhetik hogy a külső hatás kiváltó szerepe csak látszólagos. Ha az amoeba proteust egyik oldalon fény éri, a protoplazma kolloid állapota azon az oldalon olyan módon megváltozik, hogy az állábak kibocsátásához szükséges protoplazma-átalakulás azon az oldalon nem lehetséges — ahogyan ezt már régebben megállapították (MAST, S. O., 1938). Az állat esetleges spontán mozgása tehát egy másik oldalra kényszerül. Szigorú értelemben a fényhatás itt nem kiváltója lenne az állábak kibocsátásának — csak annak irányát korlátozná. Mégis az okozati kapcsolat nem kétséges: az állábak következetesen mindig az ellentétes irányba nyúlnak ki. A kolloid állapotban beálló változás (gelatio) természetesen biológiailag releváns (károsító) hatásnak tekintendő, mely alól az állat lehetőség szerint kivonja magát.

idéz fel). A pozitív taxisokat is csak olyan formában fogadta el, hogy azok a kedvezőtlen hatás elkerüléséből (tehát végső soron negatív fobotaxis eredményeként) per exclusionem származnak.

JENNINGS felfogásának számunkra lényeges pontja: *a károsító inger szerepe a phobotaxisok kiváltásában*. Ha a tényállásra mélyebben ráeszmélünk, felismerhetjük a következőt: az ősi állati mozgás fő biológiai funkcióját abban láttuk, hogy megteremti (helyesebben: helyreállítja) az alaphelyzetet, mely az új táplálkozásmód következtében felbomlott. De most egy némileg más funkciójával ismerkedtünk meg: *kikerül a károsító hatás körzetéből*. Az intézkedés skémája ugyanaz, mint minden regeneratív folyamaté: az organizmus valamilyen kezdeti kárt szenved el, mire automatikusan megindulnak a folyamatok, melyek az elszennvedett kárt helyrehozzák. E folyamatokat eddig csak belső fiziológiai formáiban regisztráltuk, de *a fiziológiai regenerációhoz nyilván hatékonyan hozzájárul az a viselkedésforma, mely a további károsodást csökkenti vagy annak teljesen elejét veszi* — a kilépés a káros hatás zónájából. A phobotaxisok tehát, úgy tűnik, hogy inkább regeneratív, mint megelőző típusú organikus intézkedések, valójában a hiba által vezérelt szabályozás formái. *A primitív organizmus (de majd látni fogjuk, hogy ez lényegében minden állatra — beleértve az embert is — áll), amikor valamilyen (természetesen nem mindenfajta) káros hatás éri, környezetváltoztató mozgással is válaszol — megint arra a valószínűsége fel, hogy az új vagy megváltozott környezetben a károsító hatás kisebb lesz, vagy elmarad.*

JENNINGS minden taxis eredetét kedvezőtlen hatások fellépésében látta. Nem regisztrált azonban egy fontos különbséget a taxisok között, amelyet későbbi kutatók kiemeltek, s újabban bizonyos okból megint hangsúlyoznak. A fobotaxisok, mint az a korábbi leírásból is kitűnik, nem irányítottak (vagy, mint majd kifejtjük, csak minimálisan irányítottak). Lényegük: az állat bármilyen irányba mehet, ha azzal kijut a káros zónából, vagy nem jut ki a kedvezőbből. Éppen ezért a fobotaxisokat egyes kutatók nem is tartják szigorú értelemben vett taxisoknak (FRAENKEL, G. S. és GUNN, D. L., 1961). A valódi taxisok azok, amelyek valamilyen hatás kiindulópontja — az ingerforrás — felé vagy éppen ellentétes irányba vezetik az állatot, pl. a pozitív vagy negatív foto-

taxis. Megkülönböztetésül a fobotaxisoktól — topotaxisoknak is nevezik őket. Ezekre nem áll szükségszerűen, hogy kiváltójuk valamilyen kedvezőtlen (tehát biológiailag releváns) hatás.

A fotoszintetikus baktériumok reakciói a fényre szigorúan fobikus jellegűek (CLAYTON, R. K., 1959, 1964). Érdekes, hogy már T. W. ENGELMANN klasszikus kísérleteiben (1883) megállapította, hogy ezeknek a növényi organizmusoknak a fobotaktikus reakciói szorosan összefüggenek fotoszintézisükkel: fotoreceptoruk (ha így nevezhetjük) elsősorban maga a bakterioklorofil; nincs más, külön lokalizálható fényfelvevő anyaguk vagy apparatusuk (CLAYTON, R. K., *ibid.*). Ez összhangban van az eredeti jenningsi felfogással: a fotoszintézis alterálása nyilvánvalóan biológiailag releváns folyamat — lévén a fotoszintézis a növényi élet alapja. Elméletileg azonban jelentős a következő: már primitív növényeknél — a legtöbb zöld algánál — fototaktikus reakciók is megfigyelhetők — a fobikusok mellett. Az akciós pontenciálvizsgálatok mármint arra engednek következtetni, hogy a fototaktikus mozgások kiváltásában a karotinoidoknak van főszerepük (NULTSCH, W., 1961), míg ugyanezeknél direkt kapcsolat mutatható ki a fobikus reakciók és a fotoszintézis között (NULTSCH, W., 1962). Az eredmények még mindenesetre nem egyértelműek, és egyes vizsgálatokból, úgy tűnik, topikus reakciók kiváltásában is szerepe van a klorofillra gyakorolt fényhatásnak; a karotinoidok szerepe azonban kétségen felüli. Egyébként a fototaxis és a fotoszintézis összefüggésének kérdésében egyetértünk M. E. FEINLEIB és G. M. CURRY (1971) következő megállapításával: „Mint ahogy a fotoszintézis szolgáltatja az energiát a mozgáshoz, a kutatóknak gondosan különbséget kell tenniük a motilitásra gyakorolt általános hatás és a fototaxist meghatározó specifikus hatás között.” (369. o.) Részletekre itt nem térhetünk ki, de minden jel szerint a primitív növények fototaktikus reakcióiban a mel-léktermékekre, a karotinoidokra gyakorolt fényhatás a döntő, ugyanúgy, mint a helyhez kötött növények fototropizmusában. Valójában az ostoros növényi algák fototaktikus reakcióin keresztül vezet a filogenetikus út az állatok fényre adott mozgásos reakciói és végső soron a látás felé. Vagyis: az adiafor



determináció legősibb formája így kerül át az állati organizmus életébe.

A fototaxis és a fotoszintézis összefüggésével kapcsolatban megemlíthetjük, hogy a múlt század végén egy összehasonlíto fiziológus, J. PATTEN azt az elméletet állította fel, hogy a fotoreceptorok eredetileg nem ingerfelvevő, hanem metabolisztikus célt szolgáltak, ugyanúgy, mint a klorofill (heliófagoknak nevezte őket — PATTEN, J., 1886, DUKE-ELDER, S. nyomán). Az elméletnek nem volt visszhangja; a legfőbb ellenérv — több más mellett — az volt, hogy a klorofill és a karotinoidok teljesen különböző kémiai természetűek.

Abból, amit a fobotaxisokról, főként azok regeneratív jellegéről, mondtunk, nem következik szükségszerűen az, hogy determinációjuknak fejlődéstörténetileg nincs köze az adiafor determinációs skémához. A fobotaxis lényege, mint mondtuk: az állat, amikor a károsító hatás bizonyos intenzitászónájába ér, nem megy tovább, hátrál, kikerüli stb. Fel kell tételeznünk, hogy ennek az intenzitászónának a határa a legkisebb éppen fellépő károsodást jelzi — de már olyan viselkedést hív elő, mely a nagyobb károsodásnak elejét veszi. Némi hasonlatosságot láthatunk azokkal a viszonylatokkal, melyek az adiafor determinációban ideálisan valósulnak meg. Itt azzal az esettel találkozunk, melyre a 3. fejezetben mint lehetőségre utaltunk, de amelyről úgy véltük, hogy valószínűleg nem általános az állat környezetében: a károsító hatást — a környezet fizikai struktúrája alapján — törvényszerűen egy kevésbé káros hatás előzi meg — „félmegoldás”. Most felismerhetjük ennek a különleges esetnek egyik feltételét: olyan biológiailag releváns hatásokról van szó, melyek meghatározott helyről (forrásból) indulnak el, de amelyek csökkenő intenzitással minden irányba szétterjednek; az állatot, amikor távolabb van a forrástól, gyengébb — s így biológiailag kevésbé releváns — hatás éri. Később egy másik feltételre is rámutatunk.

Elképzelhető a fejlődésnek az az útja, hogy az állat visszahőkölő, hátráló mozgása már olyan intenzitászónában megindul, amely még nem károsító, hanem csak irreleváns — „jó megoldás”. Sőt az állat visszavonuló reakciója — az esetleges továbbfejlődés eredményeként — már olyan távolságban megjelenhetik a hatás forrása-

tól, ahol a hatás még az  $\eta$ -változókat sem éri el, tehát adiafor — s csak egy külön kiképeződő átalakító és erősítő berendezkedés segítségével váltja ki a „visszavonuló” reakciót. Majd látni fogjuk, hogy valószínűleg ilyesmi történik pl. a sugárzó hő iránti érzékenység kialakulásánál.

Még egyszer visszatérünk a fototaxisra. Azt mondtuk, hogy az állati életforma kialakításában alapvető és széles körű szerep jut egy viszonylag új működésnek, a mozgásnak — főként a helyváltoztató mozgásnak —, és pedig azzal az elsődleges rendeltetéssel, hogy az alaphelyzetet, a közvetlen érintkezést az élet fenntartásához szükséges anyagokkal, az új táplálkozási mód ellenére helyreállítsa. Ugyanakkor az állat „örököl” a növényektől egy különleges szubsztanciafeleséget, a karotinoidok valamilyen változatát. A fény hatása erre a változatra már a növényeknél olyan jellegű, hogy adott esetben „időzít”, vagyis a megfelelő időpontban kivált valamilyen növényi mozgást (már amilyenre a növény egyáltalában képes — fototropizmus, heliotropizmus). Szinte felkínálkozik az állati fejlődés számára, hogy az „öröklöttet” és a viszonylag „újat” (lokomóciós mozgás) biológiailag előnyösen és nagy arányokban összekapcsolja — és a fejlődést az adiafor determinációra épülő megelőző cselekvés felé megindítsa.

A taxisok tárgyalásánál több kutató ún. „különbségi reakcióról”, sőt „különbségi érzékenységről” („Unterschiedsempfindlichkeit”) beszél. Indokuk: az állat mozgásának irányát akkor változtatja meg, amikor bizonyos intenzitású hatáskörébe kerül, és olyan más irányba megy tovább, melyben ugyanaz a hatás kisebb vagy nagyobb intenzitásban éri. Tehát a külső hatások különbözősége valóban kauzális összefüggésben van az irányváltoztatással. Mégis úgy véljük, ezúttal is (ugyanúgy, mint az akadály megkerülésénél) egy magasabb rendű folyamat lényegét tükröző fogalomrendszert használnak fel egy alacsonyabb rendű teljesítmény leírására. Itt még nem térünk rá konkrétan, miben áll azoknak a folyamatoknak a magasabb rendűsége, melyekre ilyen leírás alkalmazható, csak annyit bocsátunk előre: különbségi érzékenység — a pszichológiában hagyományos szóhasználat szerint — nem egyszerűen azt jelenti, hogy a reakció egy bizonyos ingerintenzitásbeli különbségnél átbillen más vagy

más irányú reakcióba. Különbségi érzékenység ott van, ahol érzékelés van. Az érzékelés pedig, mint látni fogjuk, egy új mozzanat fellépéséhez van kötve; ez az információfelvétel. Még az adiafor determináció kezdeti formáitól is hosszú és bonyolult út vezet az információ megjelenéséig. Ezt az utat a következőkben fogjuk megkísérelni végigkövetni.

## 10. Az állati mozgás irányítottsága

Az állat spontán mozgásának biológiai értéke („survival value”-ja), mint már azt több ízben nyomatékosan leszögeztük, bizonyos valószínűségekre épül. Az állat mozgásával új környezetbe kerül, vagy környezetét megváltoztatja – arra a valószínűsége fel, hogy az új vagy a megváltozott környezetben táplálékhoz jut. Ebből már felismerhető, mi a további fejlődés iránya: *növelni ezt a valószínűséget*. Ha még tekintetbe vesszük a mozgás lehetséges fejleményeit, melyeket fent tárgyaltunk, akkor a valószínűséget kiterjeszthetjük, és a fejlődés irányát részletesebben megadhatjuk. 1. *Növelni a valószínűségét annak, hogy az organizmus az „alaphelyzetbe” kerül*, vagyis olyan téri érintkezésbe a táplálékkal, hogy azt felveheti; vagy egy számára kedvező hatás körzetébe jut el. 2. *Növelni a valószínűségét annak, hogy az organizmus ne ütközzék akadályba; vagy ne érkezzék egy kedvezőtlen hatás körzetébe.*

A valószínűség növelése gyakorlatilag teljes volna (vagyis a „p” értéke 1-re emelkednék), ha az állat mozgásának valamely szakaszában pontosan felvenné azt az irányt, mely a fent megadott környezeti pontokhoz (táplálék vagy hatáskörzet helye) vezet, és amellyel más pontokat (akadály, kedvezőtlen hatáskörzet) elkerül. (Azért tettük hozzá, hogy „gyakorlatilag”, mert elvben mindig lehetséges, hogy a környezetben utólagosan történik valami, ami az egyenes odajutást vagy az elkerülést megghiúsítja.) A „valószínűség” ez esetben természetesen átmenne „biztosságba”, és a mozgás „kereső” jellege megszűnnék.

Itt most ráeszmélhetünk arra, hogy kiindulási példáinkban olyan mozgásos műveletek szerepeltek, melyek *már megindulásuknál a megfelelő irányt vették fel* – akár *valamilyen céltárgy* (enni-való, vízszugár, zuhanyozó, pohár stb.) *felé*, akár *valamilyen „negatív céltárgytól”* (sebesen közeledő tárgy, ellenség) *eltávolodva*,

*kitérve*. E műveleteket, mint megállapítottuk (helyesebben: nagy részben megállapítottuk, kisebb részben feltételeztük), a céltárgyakkal bizonyos kauzál-kondicionális viszonyban levő adiafor hatások váltják ki. Most hozzátehetjük: *az adiafor hatások ezeket az odamenő (odanyúló) vagy elkerülő (kitérő) mozgásokat nemcsak kiváltják, hanem megszabják irányukat is*. Erre a mozzanatra korábban még nem utaltunk — már csak azért sem, mert *az iránytszabás a kiváltásnak nem szükségszerű velejárója*, ahogyan ezt a modern etológusok (LORENZ, TINBERGEN és mások) is hangsúlyozzák. Talán demonstrálhatjuk egy példán: SKINNER egyik kísérletében az állatok (fehér patkányok) hamarosan megtanulták, hogy ha egy meghatározott hang (melyet az ételt szolgáltató készülék működése közben felidézett) megszólal, akkor bárhol és bármit csinálnak a ketrecben, azt abbahagyják és egyenesen a csészéhez fussanak (melyben ilyenkor enivaló volt). A hanghullámok nyilván csak kiváltották az odamenést, míg a csészéről az állat szemébe érkező fénysugarak megszabták a **mozgás** irányát.

Annak, hogy egy külső hatás (akár adiafor, akár nem) az organizmus *meghatározott irányú* mozgását váltsa ki, különleges feltételei vannak, melyekre itt még nem térünk ki. De egy idetartozó tényt már most regisztrálunk az „iránytszabással” kapcsolatban. Amikor az állat egyenesen odamegy a céltárgyhoz (pl. a táplálékhoz), elvben végtelen sok irány közül *egy*et kiválaszt (teljes iránytszabás). Más történik legelső példánkban, amikor az állat a feléje közeledő tárgy pályájából kitér: ez esetben végtelen sok lehetséges irány közül bármelyiket választhatja — *egy kivétellel* (mellyel benn maradna a tárgy mozgásának pályájában; minimális iránytszabás). A kétfajta iránytszabás között jellegzetes topológiai különbség van, melynek adott esetben a mozgás determinációja szempontjából jelentősége van.

Ezek után azt állítjuk, hogy az irányítatlan, spontán állati mozgás eredményességének (biológiai „beválásának”) valószínűségét a törzsejlődés megfelelő stádiumaiban jelentékenyen emeli a következő mozzanat: az állatnak nem kell véletlenül eljutnia az alaphelyzetbe (érintkezésbe kerülnie olyan anyagokkal, melyek életének fenntartásához szükségesek — a céltárgyakkal), nem kell véletlenül eljutnia kedvező környezeti hatások körzetébe (célhelyzetekbe), nem kell véletlenül (itt inkább: váratlanul) vala-

milyen akadályba (negatív céltárgyba) ütköznie, vagy valamilyen kedvezőtlen hatás körzetébe (negatív célhelyzetbe) kerülnie; elég, ha véletlenül bizonyos adiafor hatások körzetébe kerül, melyek a fenti pozitív vagy negatív céltárgyakkal, illetve célhelyzetekkel kauzál-kondicionális összefüggésben vannak. Amint ez bekövetkezik, a „valószínűség” átmehet „biztosságba”. Csak azt kell belátnunk, hogy az adiafor hatások körzetébe való eljutás valószínűbb esemény, mint a fenti céltárgyak, illetve célhelyzetek tényleges elérése.

Ennek bizonyítására számba kell vennünk azokat a konkrét fizikai folyamatokat, melyeket mint adiafor hatásokat eddig felismertünk. Nézzük először a (pozitív és negatív) céltárgyakat. Ezek meghatározott helyen vannak a környezetben, de a fény, amelyet esetleg visszavernek (diffúzan, tehát valójában: szétirányítanak), a levegőrezgések, melyeket esetleg felidéznek, a gáznemű anyagok, melyeket esetleg kibocsátanak, viszonylag nagy rádiuszu hatáskörzetet képeznek a céltárgyak körül. A fény esetében ez a hatáskörzet nyilván rendkívül nagy, de nagy a másik két adiafor hatás esetében is — viszonyítva ahhoz a (legtöbbször) kis területhez, melyet maguk a céltárgyak a környezetben elfoglalnak. Szükségtelen bizonyítani, mert evidens —, hogy adott véges nagyságú környezetben véletlenül eljutni egy nagyobb kiterjedésű területhez (a hatáskörzethez) valószínűbb, mint véletlenül eljutni („eltalálni”) egy viszonylag kis helyhez (a céltárgy helyéhez). Ezzel a bekezdés elején tett állítást elégséges módon bizonyítottuk.

Megállapításunkat így is fogalmazhatjuk: az állat a fejlődésnek ebben a szakaszában már nem egyszerűen a céltárgyat „keresi”, hanem az azt jellemző adiafor hatást vagy szokványos terminológiában: a jellegzetes ingert. Amint ugyanis ezt az ingert „megtalálta” (vagyis a céltárgy adiafor hatáskörzetébe eljutott), már nem „keres” többé; irányítottan mozog tovább a céltárgy felé. A „megtalált” inger néha nem csupán irányított lokomóciót (odamenést) vált ki, hanem valamilyen bonyolultabb viselkedésformát, amint ez pl. a másnemű fajtárs specifikus, ún. „kulcsingereinek” megjelenésekor történik. Valójában annak a jelenségnek legősibb formájához jutottunk el, melyet a modern etológusok mint a „kulcsinger keresését” írnak le, s amelynek méltán igen nagy jelentőséget tulajdonítanak.

Az adiafor hatáskörzet konkrét leírásába mindenütt betűztük az „esetleg” kifejezést. Adiafor hatások felidéződése (melyek a céltárggyal kauzál-kondicionális viszonyban vannak) ugyanis nem szükségszerű fizikai jelenség. A fent tárgyalt valószínűség tehát attól is függ, *milyen valószínűsége van annak, hogy a céltárgyak körül egyáltalában adiafor hatáskörzetek állnak elő*. Kimagasló jelentősége van ebben a vonatkozásban a fénynek. A fényforrás a nap nagy részében (redukált intenzitásban legtöbbször éjszaka is) rendelkezésre áll; a legtöbb tárgy vagy környezeti formáció a reaeső fényre jellegzetes módon reagál – részben átengedi vagy elnyeli, más részben visszaveri, és pedig legtöbbször diffúzan (vagyis, mint mondtuk, „szétirányítja”). Jóval kisebb a valószínűsége annak, hogy a tárgyak és környezeti formációk levegőrezgést idéznek fel (vagy vernek vissza – csodálatos módon – néhány állatfaj számára ennek a visszavert levegőrezgésnek is szerepe van); ugyancsak jóval kisebb valószínűsége van (legalábbis kisebb, mint a fény visszaverésének) gáznemű anyagok (gázok, párák, illanó olajok) kibocsátásának. Levegőrezgések csak a tárgy valamilyen (akár csak kis mérvű) mozgása vagy átváltozása következtében állnak elő, gáznemű anyagok kibocsátása pedig a tárgyban végbemenő kémiai változásokhoz kötött. A fény abban a vonatkozásban is nagy jelentőségű, hogy hatáskörzete (a tárgy körül) sokkal kiterjedtebb, mint a másik két hatásféselésé. Hátránya viszont, hogy sok esetben – szemben a szag- és hangingerek körzetével – nem igazi „körzet”, nem veszi ténylegesen „körül” a tárgyat, több irányban „leárnyékolható”. Mégis nagy egészében azt állíthatjuk, hogy *az adiafor hatáskörzetek előállításának valószínűsége a földi környezetben igen nagy*. Itt még nem adjuk meg, de előre jelezzük, hogy a fénynek mint adiafor hatásnak olyan további kitüntetett sajátossága is van, mely azt a cselekvés adiafor determinációjának fejlődésében döntő tényezővé teszi.

Az olvasó észrevehette, hogy a „tárgy” mellett fent többször a „környezeti formáció” kifejezést is használtuk. Ezzel olyasmikre utaltunk, mint nyílások, bemélyedések, domb, szakadék és hasonlók. Ezek nem „tárgyak” szigorú értelemben, mégis mint az állati mozgás pozitív vagy negatív „céltárgyai” („targets”), biológailag nagymértékben relevánsak lehetnek, és – legalábbis ami a fényingert illeti – adiafor hatások éppúgy eljutnak róluk

(vagy tőlük) az organizmushoz, mint az igazi „tárgyokról”. Minderről később többet mondunk.

Az, amit a pozitív és negatív (elérendő és elkerülendő) céltárgyakkal kapcsolatban kifejtettünk, nagyjából alkalmazható a mozgás másik lehetséges fejleményére: az állat valamilyen biológiai kedvező vagy kedvezőtlen hatáskörzetbe kerül. Ilyen hatáskörzetek megjelenése az állat környezetében nem túl gyakori. Egy példával illusztráljuk: az erdő kigyullad, az égés helyéről magas fokú hő sugárzik, és fojtogató füst árad szét. De az égő erdő fényforrás is, és általában levegőrezgéseket is felidéz („a tűz ropog”). A káros hatáskörzetnek tehát lehet egy további adiafor „udvara” (ha szabad így mondanunk). Az állat előbb ehhez az udvarhoz ér el (vagy az egyre jobban terjedő udvar éri őt el). Ez determinációs bázisa lehet az eltávolodó vagy akár menekülő mozgásoknak.

De — példánknál maradva — a káros, fojtogató gázok (vagy füst) hatáskörzetének is — a gázok kiterjedési törvénye értelmében — lehet egy olyan messzemenően redukált koncentrációjú széli „gyűrűje” (udvara), amely már csak mint adiafor hatású szaginger jön számításba. Ugyanúgy a hőhatás a hőforrástól megfelelő távolságban (a hatáskörzetnek távoli szélén) már olyan minimális fokú lehet, hogy mintegy adiafor hatássá redukálódik. Ezek az adiafor hatások is kiválthatják az eltávolodó vagy elkerülő mozgást. A példa azt az elméletileg fontos átalakulást is demonstrálja (melyre már korábban utaltunk), hogy ugyanis *a taxis jellegű mozgás* (ez esetben negatív kemo- és termotaxis) *természetes módon átmehet olyan mozgásba, melynek alapja már az adiafor determinációs szkéma*. Ehhez csak azt kell feltételeznünk (ami egyébként teljesen plauzibilis), hogy a kémiai és hőhatás bizonyos intenzitáson alul már irreleváns biológiai jellegét is elveszti, s az η-változókat sem éri el (kivéve az adiafor determináció számára külön, másodlagosan kialakult képződményben, a felvevő apparátusban).

Példánk nyomán egy újabb adiafor hatásféleséggel ismerkedtünk meg: a hővel. Mint látni fogjuk, a hőinger szerepe a viselkedés adiafor determinációjában (a többi inger mellett) nemcsak a sugárzó hő formájában — sőt főként nem ebben a formában — érvényesül.

Bizonyos fejlődési szinten felül (s ez a szint nem túl magasan van a törzsfajlásban, valószínűleg már a Csalánosok törzsében, Cnidaria) – azt mondhatjuk, hogy *az állat valójában mindig valamilyen adiafor hatás körzetében van.* „Kereső” viselkedésére tehát nem egyszerűen az jellemző, hogy – mint azt fent már jeleztük – elvezeti valamilyen adiafor hatáskörzethez. Legfeljebb arról van szó, hogy a környezetben nincs jelen táplálék vagy más az élethez szükséges tárgy, melyről adiafor hatások érnék és lokomóciós műveletét irányítanák. De jelen lehetnek a környezetben más tárgyak vagy környezeti formációk, melyek pl. a mozgás akadályai, s amelyek ugyancsak adiafor hatásokat (legtöbbször fényt) küldenek az állat felé. Ezek az állat mozgását mindjárt kezdetben a már említett „minimális iránytszabás” értelmében determinálják, vagyis *az állat már eleve úgy indul el, hogy az akadályokat elkerülje.* Bizonyos törzsfajlás szinten az állat „kereső” viselkedése tehát nem olyan, mint az amoebáé, nem vak és teljesen irányítatlan. *Már megindulásánál minimálisan irányított, vagyis bizonyos irányokat eleve nem vesz fel* – bár továbbra is elvben végtelen sok irány közül véletlenszerűen választ (ezért továbbra is „keresés”). Egyébként a mozgási akadály elkerülése nagyon ősi reakció, mely az állatoknál szinte születésük első perceitől kezdve megfigyelhető.

## 11. Az állati mozgás vezérlése

Még egyszer röviden visszatérünk legelső példánkhoz. Egy tárgy elég nagy sebességgel közeledik az organizmus felé. Most kiemeljük azt a mozzanatot, amelyre korábbi fejtegetéseinkben nem vetettünk súlyt: azt, hogy „elég nagy sebességgel” közeledik. Főként ebben az esetben áll fenn ugyanis a veszélye annak, hogy az organizmussal való összeütközés károsodással jár vagy sérülést okoz. (A sebességen – lényegében a kinetikai energián – kívül természetesen még más feltételei is vannak annak, hogy az organizmussal való összeütközés – vagy érintkezés – káros kihatású legyen, ezekre most nem térünk ki.) De – és a példára valójában ezért utaltunk vissza – a káros következmények szempontjából pontosan ugyanez a szituáció áll elő, ha a kinematikai viszonyok



megfordulnak, s nem a tárgy mozog az organizmus felé „elég nagy sebességgel”, hanem az organizmus a tárgy felé. Vagyis: *ha az állati lokomóció bizonyos sebességet elér, az akadályba ütközés már nem csupán azt jelenti, hogy az állat bizonyos irányba tovább nem mehet, hanem azt is, hogy az állatot káros hatás éri.* Ilyesmirel a primitív állatok, pl. az amoeba mozgásánál még nem volt szó. (Az amoeboid mozgás sebessége nem több mint  $0,5-5 \mu/\text{sec.}$ ) *Az állati lokomóció felgyorsulásánál tehát az akadályok elkerülése újfajta jelentőségre emelkedik.* Ezt azért is hangsúlyozzuk, mert *az állati lokomóció fejlődésének egyik fő iránya: sebességének növekedése.*

De az állati lokomóció felgyorsulásával nemcsak a szó szigorú értelmében vett „akadály” jelentősége változik meg (fordul biológiaiag kedvezőtlenre), hanem – talán még nagyobb mértékben – más külső mozzanatoké, melyekre mint környezeti formációkra már utaltunk. Most pontosabban így jelöljük meg őket: *a lokomóció szempontjából releváns mozzanatok.* A szakadéknak vagy a meredek lejtőnek az amoeboid mozgások, de még a földi giliszta vagy akár a hangya esetében sincs különösebb jelentősége, elsősorban mozgásuk lassúsága következtében. De amint az állat mozgása felgyorsul, nemcsak a szakadék (az ugrásszerű talajszint-változás), hanem a terep más felületi tulajdonságai is, reliefje, bemélyedései, kidudorodásai, hepehupái, mind veszélyeztethetik a lokomóciót és károsodáshoz vezethetnek. A végtagok rendkívül precíz, koordinált mozgásai, melyekkel a gyors mozgású szárazföldi állatok (pl. a ragadozók vagy azok zsákmányállatai) a lokomóciót megoldják, pontosan „alkalmazkodnak” (így szokták mondani a biológiában) a terep- és talajviszonyokhoz. Az „alkalmazkodás” számunkra itt azt jelenti: mindezekről a terepformációkról *adiafor hatások* (legtöbbször fény) érkeznak az állathoz (látóapparátusába), *s e hatások elérik az organizmust, még mielőtt sor kerülhetne arra, hogy lokomóciós műveletét* (a végtagok finoman összehangolt műveletét) *megzavarnák, és annak következtében esetleg károsítanák.* Előbb elérik őt és mozgása megváltoztatására készítetik. Az „alkalmazkodás” itt valójában az adiafor determinációs skéma érvényesülése – mindenesetre nem egy megelőző cselekvés, hanem egy megelőző „cselekvésmódosítás” kiváltásában.

Az olvasó talán észrevette, hogy az „alkalmazkodás” kifejezést mindeddig nem használtuk. A következőkben sem igen fogjuk. Két okból. Egyrészt azért, mert fogalmi tartalma nagyon általános; csak annyit mond a jelenségről (melyet alkalmazkodásnak minősít), hogy annak eredményeként bizonyos környezeti mozzanatok elősegítik az organizmus életben maradását, vagy legalábbis nem veszélyeztetik. Úgyszólván semmi tudományosan elfogadhatót nem mond a lényeges és az élet titkát valóban érintő kérdésről: milyen viszony van a jelenség (pl. az alkalmazandó művelet) és a környezeti mozzanat (melyet kihasznál vagy veszélytelenít) között? A másik ok, amelyért a kifejezést még mint egy jelenségtípus rövid megjelölését sem használjuk szívesen, az, hogy a kevésbé szigorúan gondolkodók számára – a biológiában nagyon elterjedt és hagyományos használata révén – magyarázó értéke van, ami sokszor elállja a továbbkérdés és továbbkutatás útját. A biológia hagyományos fogalomrendszerét (az alkalmazkodást is) találóan bírálja SOMMERHOFF, G. (1950) kitűnő és jelentős munkájában, mellyel később behatóbban foglalkozunk.

A különleges talaj- és terepformációkhoz sok szárazföldön élő állatnál külön lokomóciós műveletváltozatok alakultak ki, pl. ugrás (át- és leugrás – a szakadék esetében), a „földet érési” reakció („Landungsreaktion”) az esésnél, a mászás, sőt az úszás is, amikor az állat mély vízhez ér (az úszásra a legtöbb emlős állat tanulás nélkül képes). Mindezeket a cselekvésmódosításokat – az átváltást a külön műveletváltozatokra – adiafor hatások indítják be, melyek a speciális terepformációktól származnak. Determinációjuk szerkezete ugyanaz, mint az egyszerű irányváltoztatásé, mellyel az állat az akadályt elkerüli. A külön műveletváltozatokra való átváltás, mint már jeleztük, „megelőző” jellegű cselekvésmódosítás.

A terepformációk nagyjából elvesztik jelentőségüket (legalábbis a műveletváltás szempontjából) a háromdimenziós térben (nem felületen) élő állatoknál, tehát a repülőknél és úszóknál – nekik csak akadályokat kell kikerülniük. (A különleges környezetben – pl. a talajban vagy más állatok és növények belsejében – élő organizmusoktól eltekintünk; ezek mozgásaikban nagyjából

visszatérnek a primitív amoeboid formákra vagy a taxisokra.)

Most megfigyelhetjük az irányítottság sajátos alakulását is – akkor, amikor az állat lokomóciós mozgásában a talaj- és terepviszonyokhoz igazodik. Az akadály kikerüléséről azt mondtuk, hogy „minimálisan” irányított. A szakadék átugrása vagy – fán élő állatoknál – ráugrás az elérhető távolságban levő ágra (hogy csak néhány példát hozzunk) már nem minimálisan irányított, különösen nem pl. a mászás a fatörzsön vagy az ágon. *A választható irány egyre szűkebb tartományon belül variálhat.* Sőt lehetséges az extrém eset is, amelyben az akadály kikerülése maximálisan irányított: az akadály nagy kiterjedésű (pl. fal), s csak egy nyílás (melyen az állat teste átfér) képezi a szabad utat. Az állat lokomóciója, amikor a nyíláshoz odamegy, épp olyan „maximálisan” irányított, mint a táplálékhoz való odamenésnél; determinációs alapszerkezete pontosan ugyanaz. A „nyílás”, a „luk” sok állat életszínterében igen fontos szerepet játszik (pl. a búvóhely bejárata).

Az irányítottság alakulásának (mondhatjuk: tökéletesedésének) más vonalait is regisztrálhatjuk – azonkívül, hogy a „minimális-tól” a „maximális” felé halad. A maximális irányítottság, pl. az odamenés a céltárgyhoz, néha sajátságosan módosul; látszólag elveszti „maximális” jellegét. Éspedig akkor, amikor az egyenes utat a céltárgy felé valamilyen akadály zárja el. Az állat ilyenkor, mint ismeretes, *kerülő utat* tesz. De a kerülő út pályája már variábilis (a megkerülés történhet jobbról vagy balról, kisebb vagy nagyobb ívben). A kerülő út használata (mely nem pontosan azonos a megkerüléssel, melyet az állat kereső mozgása közben végez) egy irányított, meghatározott helyhez vezető lokomóció keretében zajlik le. *A mozgás* valójában *kettősen irányított, egyrészt a céltárgy által* (maximálisan), *másrészt az akadály által* (minimálisan). A helyzet tovább bonyolódhat, amennyiben a céltárgy eléréséhez a kisebb-nagyobb akadályok vagy más terepformációk (esetleg nyílások) egész sorához vagy térileg elosztott sokaságához kell az állatnak igazodnia (gondoljunk pl. a sűrű erdőben futó állatra). Az állat lokomóciója ezekben az esetekben többszörösen irányított, a környezet különböző pontjairól jövő adiafor hatások együttesen váltják ki és határozzák meg irányát. Felismerhető a bonyolódás végső állomása: az irányítottságnak

ez a komplex jellege ahhoz a formához vezet el, melyet a pszichológusok általában úgy írnak le, hogy *az állat lokomócióját a mező irányítja*. Ennek a fejlődésnek az alapfeltételeit mindenestre csak a következő fejezetekben fogjuk tárgyalni.

Az irányítottság fejlődésének és tökéletesedésének egy másik irányát is ki kell emelnünk; ez nem annyira téri, mint inkább *idői vonatkozású*. Az irányítottságnak arra a különleges formájára gondolunk, mely *a követő mozgásokban* mutatkozik meg. A lényeges mozzanat ezúttal az, hogy a céltárgy, melyre a lokomóció irányul, maga is helyét változtatja, az állat mozgásának úgyszólván minden szakaszában a céltárgy változó helyéhez kell igazodnia. Az ilyen jellegű mozgás csúcsteljesítménye *az üldözés* vagy — elkerülő formában — *a menekülés*. Mindkét forma magas fokig tökéletesedik a törzsfejlődés folyamán.

Talán feleslegesnek tűnhetik a lokomóció irányítottságának és az irányítottság különböző formáinak és alakulásának ez az aprólékos elemzése. Mégis ebben meghatározott cél vezetett bennünket. Egyrészt ki akartuk bontani és főbb részleteiben feltárni azt a bonyolult, sokrétű és oly gyakran megcsodált irányítottságot, melyet általánosabb megjelöléssel *az állati lokomóció vezérlésének* neveznek. Másrészt meg akartuk mutatni, hogy ennek a vezérlésnek minden részletében, minden téri és idői elemében alapvető szerepe van az adiafor hatásoknak, úgyhogy a következőkben az állati lokomóció adiafor vezérléséről fogunk beszélni.

## **12. A lokomóció irányítottságának halmazelméleti alapfeltétele**

A 7. fejezetben azt mondtuk, hogy nem foglalkozunk az általános biológiai problémával, melyet így fogalmaztunk: hogyan lehetséges, vagy milyen különleges fejlődés eredményeként alakulhat ki az, hogy az adiafor hatások pontosan azt a cselekvést hívják elő, mely az éppen fenyegető káros hatást elhárítja, vagy az éppen kínáló lehetőséget kihasználja. Pl. hogyan lehetséges és hogyan alakulhat ki az, hogy az ennivalóról érkező adiafor hatások az állatot odamenésre készítetik, az ellenségről érkezők pedig menekülésre? Megoldásának van azonban egy nagyon általános és „magától értetődő” feltétele, melyre minden konkrét

megoldási kísérlet előtt már ráeszmélhetünk. A megadott példában ez a feltétel két pontban foglalható össze: 1. az ennalóról jövő adiafor folyamatoknak különbözniük kell az ellenségtől származóktól, 2. a két különböző folyamatnak (ingernek) különböző adiafor hatásokat kell kiváltaniuk az organizmusban. Az első feltétel teljesülése a környezeti valóságmozgatók természetétől függ, a másodiké (amelynek teljesülését az elsőé még egyáltalában nem követeli meg) az organizmus megfelelő szerkezetétől. Nyilván általánosíthatunk: *az adiafor determináció alkalmazhatóságának alapfeltétele az, hogy 1. a különböző környezeti valóságmozgatókról (tárgyak, helyzetek, változások) különböző adiafor történések (ingerek) érkeznek az organizmushoz, 2. a folyamatok különböző hatásokat idéznek fel az organizmusban.*

Egy még általánosabb és szigorúbb elemzés számára — mely az okozati viszonyok sajátos természetétől ideiglenesen eltekint — helyesebb fogalmazás a következő: 1. *a különböző valóságmozgatóknak különböző, az egyenlőknek egyenlő adiafor folyamatok (ingerek) felelnek meg. 2. A különböző ingereknek különböző, az egyenlőknek egyenlő adiafor hatások felelnek meg az organizmusban.* Nevezzük ezt *halmazelméleti alapfeltételnek*, mert bizonyos hozzárendeléses viszonyt kíván meg sokféleségek között.\*

E feltétel mindkét pontja különböző fokban teljesülhet; korlátozódhat a valóságmozgatók és az adiafor folyamatok egy bizonyos nagyságú sokféleségére. Előfordulhat továbbá, hogy bizonyos különbözőségekhöz az egyik sokféleségben már nem rendelődnek hozzá különbözőségeket a másik sokféleségben (lásd pl. a különbségi küszöbököt az egyes érzékelési területeken), vagy egyenlőségekhöz az egyik sokféleségben nem rendelődik hozzá egyenlőség a másikban (lásd pl. a konstancia-jelenségeket a látás területén). Ideális megvalósulás esetén a hozzárendeléses viszony „egy az egyhez” jellegű.

\* Ez az alapfeltétel lényegében ugyanazt foglalja magába, mint a „megkövetelt sokféleség törvénye” a kibernetikában (ASHBY, W. R., op. cit. 244. o.). Az utóbbi azonban a sokféleségek egy speciálisabb viszonyára vonatkozik, mely az információval és a szabályozással függ össze. Erre később térünk rá.

A feltétel első pontjával közelebbről nem foglalkozunk; behatóbb vizsgálat nélkül is belátjuk, hogy földi környezetünkben ez a feltétel elég magas fokban megvalósul. A második pont megvalósulása bizonyos szerkezeti követelményeket támaszt az organizmussal szemben, melyeket a receptorok fiziológiája behatóan és széles körben kutat. Ezek sem tartoznak vizsgálataink körébe. Mégis egy bizonyos vonatkozásban a második pont megvalósulásának szerkezeti problémájával külön foglalkozunk, mert annak közelebbi vizsgálata, mint látni fogjuk, megvilágítja az utat az adiafor determináció fejlődésének egyik legnevezetesebb állomása felé.

Visszatérünk az állati lokomóció irányítottságának kérdéséhez. Erre vonatkozóan a hozzárendelés problémájának második pontját a következőképpen fogalmazhatjuk: *hogyan lehetséges, hogy a különböző irányból jövő adiafor hatások különböző irányú lokomóciós reakciót váltanak ki?* A hatások – azon túl, hogy különböző irányból jönnek – teljesen egyenlők lehetnek. Pl. ugyanaz a céltárgy különböző helyen lehet az állat környezetében, tehát különböző irányból, de lényegében ugyanazokat az ingereket küldheti az organizmus felé. Az állat minden esetben odamegy a különböző helyen levő céltárgyhoz (pl. táplálékhoz) – vagyis a különböző irányból jövő (de egyébként feltehetően egyenlő) adiafor hatásokra különböző irányú odamenő művelettel válaszol. Ebben a példában az irányítottság mindenestre maximális. De a probléma fennáll akkor is, ha az irányítottság minimális (lásd 10. fejezetet), mint kiinduló példánkban, amikor az állat a feléje közeledő tárgy elől kitér, vagyis végtelen sok irány bármelyikét választhatja – egy kivételével (mellyel benne maradna a tárgy mozgásának pályájában). Továbbá a probléma nem függ attól sem, hogy az előhívott lokomóció iránya azonos vagy éppen ellentétes-e az ingerhatás irányával (pozitív vagy negatív „tropotaktikus” reakció – KÜHN terminológiájában), vagy attól meghatározott szögben eltér („menotaktikus” reakció).

A halmazelméleti alapfeltétel megvalósulása biztosítottnak látszik, ha meggondoljuk: *a különböző irányból jövő hatások az organizmust testfelületének különböző pontjain érik* – és a különböző támadási pontok szerint az organizmus különböző irányú lokomócióval reagálhat (azonos irányból jövő hatásokra termé-

szetesen azonos irányú lokomócióval). Némileg bonyolítja a helyzetet, hogy olyan hatásokról van szó, melyek egy bizonyos „forrásból” minden irányba szétterjednek, úgyhogy a támadási pont valójában egy kiterjedtebb felületi rész. De ez a feltétel megvalósulását nem veszélyezteti: *a támadási felület e kiterjedtebb helye egyértelműen együtt variálhat az ingerforrás helyével*, melyet az a testhez viszonyítva elfoglal. Az állat tehát a támadási felületek helye szerint elvben különböző irányú lokomóciót végezhet.

Egy további nehézség is felmerül. Az, hogy az adiafor hatások az organizmust mely pontján érik, nemcsak attól függ, hogy e hatások milyen irányból jönnek, hanem attól is, hogy az organizmus pillanatnyilag milyen viszonylagos helyzetben van környezetéhez. S ezt az állat állandóan változtatja. Egy esetben ennek a körülménynek nincs jelentősége: ha a lokomóció és a testhelyzet között semmiféle szükségszerű kapcsolat nincs, vagyis, ha az állat bármilyen orientációs testhelyzetet megtartva bármilyen irányba — akár az ingerhatás irányába, akár attól el — mozogni tud. Ez azonban csak néhány esetben — az egysejtűek egyik osztályában (Rhizopoda) s később különböző törzsfelődési szinteken a radierszimmetrikus felépítésű organizmusoknál (általában a Coelenteraták medúza formáinál és az Echinodermaták törzsében) — van így. Egyébként már a legprimitívebb szinten (Flagellata, Ciliata) *a testhelyzet és a lokomóció iránya között többé vagy kevésbé meghatározott megfelelés van*: az állatnak ahhoz, hogy az inger irányának megfelelően (akár tropotaktikusan, akár menotaktikusan) bizonyos irányba helyét változtassa, meghatározott testhelyzetet kell felvennie. Ennek alapvető oka, az, hogy *az organizmus valamilyen külön helyváltoztató apparátussal rendelkezik* (akár primitív formában: ostor, csillók — akár magasabb formában: végtagok), mely mindig egy a testhelyzethez viszonyított meghatározott irányú lokomóciót produkál. Így van ez az összes bilaterál-szimmetrikus felépítésű organizmusoknál, s nagyjából ez a felépítés uralkodó az állatvilágban.

Az inger hatására tehát — amennyiben irányított lokomócióról van szó — a legtöbb állatnak először testhelyzetét kell megváltoztatnia — úgy, hogy mozgásapparátusa a kívánt irányba történő lokomóciót produkálhassa; legtöbbször „be” kell „tájolnia” az ingerforrás felé (tropisztikus szakasz), azután meg kell indulnia

az így beállított irányba (taktikus szakasz). Ez azt jelenti: az organizmusnak az inger támadási helye szerint különböző mozgást kell végeznie, melynek eredményeként az inger támadási helye jellegzetesen változik — eltolódik arra a felületi részre, mely a mozgásapparátus által produkálható lokomóció irányába néz (pozitív tropotopisztikus mozgás esetén) vagy éppen ellentétes felületi részre (negatív tropotopisztikus mozgásnál). Ez utóbbit jól szemlélteti pl. az egyik örvényféreg, *Planaria gonocephala*, negatív fototaktikus reakciója. A kitüntetett felületi rész adott esetben más is lehet (menotaktikus reakció). Könnyen belátható, hogy a betájoló mozgás és a különböző irányból jövő ingerek támadási helye között megközelítően egy az egyhez hozzárendeléses viszony lehetséges, minthogy annak halmazelméleti alapfeltétele adva van.

A törzsfajlódásnak már elég korai szakaszában megindul azonban egy olyan alakulás, mely a halmazelméleti alapfeltétel megvalósulását problematikussá teszi. Mint mondtuk, a primitív állatok fobikus lokomóciós reakcióit még biológiailag releváns vagy irreleváns környezeti hatások váltják ki; a mozgások hibacsökkentő vagy előnyfelerősítő jellegűek. Amikor a lokomóció vezérlését az adiafor hatások veszik át, és megjelenik a megelőző cselekvés, a helyzet más vonatkozásban is megváltozik: Az adiafor hatások érvényesüléséhez, mint már kifejtettük, speciális felvevő anyag és legtöbbször valamilyen apparátus szükséges, mely e hatásokat irreleváns hatásokba (terminális és idegrendszeri  $\eta$ -változók eltolódásaiba) viszi át. A halmazelméleti alapfeltétel azt kíváná meg, hogy a szükséges „átalakítók” az egész testfelületet beborítsák, vagy legalábbis kellő sűrűségben az egész felületen jelen legyenek, hogy így a különböző irányból jövő ingerek különböző átalakító-csoportokat érjenek. Ilyen berendezkedés kialakítása a fény, a levegőrezgés és az áramló gázak felvételére csak átmenetileg és igen tökéletlen formában valósul meg egyes fajoknál (pl. egyes gyűrűs férgéknél, melyeknek bőrében, bár nem mindenütt egyenlő sűrűségben, fényérzékeny sejtek — valójában „átalakítók” — található), egyébként, úgy látszik, nincs benne a törzsfajlódás általános és végleges programjában. (Más ingerfélések esetében, mint látni fogjuk, ilyen az egész testfelületre kiterjedő berendezkedés kialakul, de ezek, mint később ugyancsak



kifejtjük, természetüknél fogva nem alkalmasak arra, hogy a lokomóció irányítottságának halmazelméleti alapfeltételét megteremtsek — noha szerepük a cselekvés determinációjában nem kevésbé jelentős.)

Itt nem bocsátkozhatunk spekulációkba afelől, hogy a törzsfejlődés miért alakul így. Természetesen nem várhatjuk el, hogy a fejlődés olyan lépésekben és olyan természetű forma felé haladjon, melyeket mi legjobbnak tartunk. Hogy mi valósul meg, és mi „lehetséges” a fejlődésben, a tényezők áttekinthetetlen sokaságától függ, és a véletlenszerű mutációk (vagy egyéb változások) sokfélesége, melyek közül a természetes kiválasztás elve alapján a legmegfelelőbb fennmarad, ugyancsak korlátozott. A fejlődés számára rendelkezésre álló „választékban” nincs okvetlenül benne az, amit mi a „leglogikusabbnak” tartanánk. Nem is beszélve arról, hogy hosszú távra nem is nagyon tudjuk eldönteni, milyen alakulás volna a fejlődés szempontjából a legjobb. Valójában csak utólag tudjuk a fejlődés irányának belső logikáját megállapítani.

Az állati organizmusok tehát — mindenféle közti állapotokon (mintegy a fejlődés által „kísérletképpen” bevezetett berendezkedéseken) keresztül — úgy fejlődnek, hogy az eddig tárgyalt adiafor hatások érvényesülését szolgáló receptorok a testfelület vagy a mélyebb rétegek aránylag nagyon kis területét foglalják el. Ennek nyilvánvaló következménye, hogy a különböző forrásból (különböző környezeti pontokból) jövő ingerek csak ezen a kis területen érhetik el hatékonyan az organizmust; *támadási helyeik tehát lényegében nem variálnak*, s nem alapozhatják meg az ingerre adott lokomóciós reakció különböző irányát.

Kétféle, elvileg különböző, de egymással mindig egybekapcsolt megoldás kínálkozik arra, hogy a halmazelméleti feltétel ilyen körülmények között előálló hiányáért kárpótoljon. Mindkét megoldásban döntő szerepet játszik az, ami az állati életnek egyébként is alapvető jellege: *a mozgás*. Az 1. megoldáshoz csak arra kell ráeszmélnünk, hogy *a receptort érő ingerhatás akkor a legerősebb* (bármekkora is az inger saját erőssége), *ha a receptor megfelelően orientálódik az ingerforrás felé*; ez általában azt jelenti, hogy a test

olyan helyzetet vesz fel, melyben a receptor pontosan odafordul az ingerforráshoz. Az organizmus, amikor az inger éri, megfelelő helyzetváltoztató, orientációs mozgással „megkeresi” ezt a helyzetet. *Ez az orientációs reakció elve.\**

Minden orientációs helyzethez tehát egy meghatározott irányú lokomóciós tevékenység tartozhat. Figyelemre méltó tény az, hogy a felvevő apparátus ilyen exponálása (az odafordulás az ingerhez) egyúttal a mozgásapparátus beállítása is — olyan irányú lokomócióra, mely (pozitív reakció esetén) az ingerforrás felé vezet. Ennek morfológiai alapja az, hogy az eddig tárgyalt ingerek receptorai, elsősorban a szem a testfelület olyan részén helyezkednek el, mely nagyjából a mindenkori lokomóció irányába néz. Talán helyesebb így mondani: a törzsfelődés során egyre inkább ez az elhelyezkedés valósul meg.

Az elv kissé bonyolultabban alakul az egyik fő inger, a fény esetében. Az eddig tárgyalt ingerek valamennyien egy adott — általában nem pontszerű — forrásból terjednek szét, de csak a fény az, amely szigorúan egyenes irányba terjed, és ha át nem látszó test kerül útjába, nem terjed tovább, „leárnýékolódik”. A többiek terjedési pályája nem szigorúan egyenes vonalú, az akadályokat „megkerülik”, „leárnýékolásuk” jóval körülményesebb. Adott esetben tehát a környezet valamely pontjából jövő fény a receptort el sem éri. Ilyenkor az állatnak az orientációs mozgásokkal előbb azt kell elérnie, hogy a fénysugár a receptorhoz egyáltalában eljusson. Ezután következhet csak a további orientációs beállítódás a legintenzívebb ingerhatásra. A másik két fő inger — a levegőrezgés és az áramló gázak — terjedése nem egyenes vonalú; ezek, amennyiben bizonyos intenzitást elérnek, mindig eljutnak a felvevő apparátushoz, bármilyen is a test pillanatnyi orientációja az ingerforráshoz.

Az orientációs mozgások tehát nagyrészt kiváltott mozgások, bár lehetnek spontánok is. Viszont — az eddig leírt formában —

\* Lényegében ilyen elvűek azok a berendezkedések is, amelyek már a növényi ostorosoknál a lokomóció irányítottságát — igazodását a beeső fény irányához meghatározzák. Az algáknál a fototaktikus reakció még vitatott. Lásd ehhez FEINLEIB, M. E. és CURRY, G. M., 1971.

még nem irányítottak. *Az állat helyzetét (nem helyét!) valamilyen irányba változtatja — arra a valószínűségre fel, hogy az új orientációban az adiafor hatások a felvevő apparátust maximális intenzitás-ban érik.* Hangsúlyoznunk kell valamit, ami később félreértésekre adhat okot. Az éppen leírt orientációs mozgásnak nem az az igazi biológiai értelme, hogy eredményképpen az állatot az inger a legnagyobb intenzitásban éri; ez csak annyiban lényeges, amennyiben az így felvett testhelyzet (szükség esetén) meghatározza a kiváltandó lokomóció irányát.

Emlékeztetünk arra, hogy már legelső példánk elemzésekor utaltunk egy mozzanatra, mely idevág. Amikor a sebesen mozgó tárgy az organizmus felé közeledik, az állat kilép a mozgó tárgy pályájából — de hozzáfűztük: ha még bizonyos feltételek adva vannak, pl. feje és érzékszervei megfelelően helyezkednek el (s a tárgyról jövő fénysugarak a szemébe érkehetnek). Pontosán ennek a feltételnek a megvalósulása az, amelynek valószínűségét az orientációs mozgás hathatósan emeli. PAVLOV mondta, hogy az állat az orientációs reakció nélkül minden pillanatban az életét veszélyeztetné.

A 2. megoldás, mely a halmazelméleti feltétel megvalósulatlan-ságáért talán még hatékonyabban kárpótol, összefügg a morfológiai fejlődés már többször említett sajátosságával, *az organizmus bilaterál-szimmetrikus felépítésével.* Ezáltal két olyan testfelületi rész alakul ki, mely az itt szereplő adiafor hatásokat felveheti, vagyis szimmetrikusan kétoldalt egy-egy készülék, mely az adiafor hatást a terminális  $\eta$ -változók irreleváns eltolódásába viszi át. Az a kitüntetett eredmény, mellyel az orientációs mozgás, a test vagy a fej helyzetének változtatása ez esetben jár, már nem egyszerűen az, hogy az ingerek a receptorokat legnagyobb intenzitás-ban érik, hanem hogy *mindkét receptort egyenlő erősségben érik*; vagyis az eredmény az ingerhatások bizonyos „kiegyensúlyozása”, ahogy egyes szerzők nevezték („Erregungsgleichgewicht”).

Fontos regisztrálnunk, hogy ez az orientációs „betájéoló” reakció az előbbinél tökéletesebb forma: már nem pusztán próbálkozó jellegű (vagyis valószínűségre épülő), hanem nagyrészt *irányított: mindig az intenzívebb ingerhatást felvevő receptor oldala felé történik.* A próbálkozó jelleg mindenestre még fennmarad — a bilaterál-szimmetrikusan elhelyezett páros receptor ellenére —

a fényinger esetében, mindaddig, amíg a fény a receptorok egyikét sem éri el. Ilyen testhelyzet azonban, mint már mondtuk, a másik két ingerre vonatkozóan gyakorlatilag nem létezik. A véletlen szerepe az ingerforrás felé vezető irány megtalálásában az új berendezkedés által még jobban és messzemenően redukálódik. Nevezzük az orientációs mozgásnak ezt az irányító elvét *LOEB-féle elvnek* – arról a kutatóról, aki ezt először kiemelte, gondosan leírta és tropizmuselméletének középpontjába állította.

Az így végrehajtott „betájolás” az ingerforrás irányába – a levegőrezgések és az áramló gázok esetében – az ingerforrás távolságával egyre nehezebbé válik; a két receptort érő hatások intenzitásbeli különbsége egyre csökken, a receptoroknak egyre kisebb különbségek mértékadása szerint kell az orientációs mozgást irányítaniuk. Egyébként magasabb szinten, a gerinceseknél, a differenciált idői szekvenciákat képező inger – a levegőrezgés – esetében nemcsak a két receptort érő ingerek erősségbeli különbsége, hanem bizonyos (jóllehet nagyon kicsiny) *idői különbségek* is mértékadók. Az ingerszekvenciának ugyanaz a szakasza később éri el azt a receptort, mely az adott testhelyzetben az ingerforrástól jobban elfordul (tehát attól kissé távolabb van). A betájoló mozgást a korábban ingerelt receptor oldala felé ez is meghatározza. (Lásd ehhez pl. BÉKÉSY szellemes kísérleteit, melyekben a két tényezőt mintegy egymás ellen „kijátssza” – „trading function” – BÉKÉSY, v. G., 1930, 1960.)

Az irányítás éppen tárgyalta elve – szemben az egyszerű orientációs mozgás elvével –, mint mondtuk, csak a bilaterál-szimmetrikus felépítésű organizmusoknál érvényesülhet. Jóllehet a filogenézisben csak ennek a formának van fejlődési „perspektívája”, mégis a fejlődés „kísérletezik” – ha szabad így mondanunk – más alapjellegű formákkal is. Egy egész állattörzsre (Echinodermata) nagyon is eltérő, ún. sugaras felépítés jellemző. Érdekes azonban regisztrálni, hogy a lokomóciónak az idetartozó fajknál kevés jelentősége van, legtöbbször a tengerfenéken élő, szesszilis, helyhez tapadó vagy lassan és irányítatlanul, különleges oldalfüggelékekkel (ambulacralis lábakkal – melyeknek több más funkciójuk is van) mozgó állat. Táplálkozási és életmódjuk visszatér a primitív többsejtű állatokéhoz. Helyhez kötöttségük azonban másodlagos, legtöbbször lárvái bilaterál-szimmetrikus felépítésűek.

Megint hangsúlyoznunk kell valamit, ami vizsgálataink sajátosságára vonatkozik. Bármennyire megcsodáljuk is azt, hogy a receptor valamilyen ingerlése olyan orientációs mozgást, testhelyzet-változtatást hív elő, melynek során az ingerhatás felerősödik, és ez a mozgás megállapodik, amikor a maximumot eléri; ugyancsak: bármennyire megcsodáljuk, hogy a kiváltott mozgás már eleve az erősebben ingerelt receptor oldala felé vesz irányt és megállapodik, amikor mindkét receptort egyenlő erősségű inger éri – mégis ennek a kiváltásnak konkrét mechanizmusa és annak problémái nem tartoznak vizsgálataink körébe. Amivel itt törődünk, az az, hogy az ilyen mozgásirányításnak vagy mozgás-determinációnak a legáltalánosabb – s egyúttal a legalapvetőbb – feltételei megvannak-e és melyek azok. Éppen ezért nem is térünk ki arra a rendkívül terjedelmes kutatómunkára, mely ezeknek az orientációs mozgásoknak szervezeti és idegrendszeri mechanizmusait igyekszik feltárni. Mindenesetre az adiafor determináció sorsának és fejlődéstörténeti karrierjének egyik fontos állomása az irányított lokomóció halmazelméleti alapfeltételének valamilyen – akárcsak kerülő úton való – megvalósítása.

### 13. A környező valóság adiafor leképezése

A lokomóció irányításának problémája ezzel nem zárul le. Az előző fejezetben tárgyalt elvek érvényesülésében főként az *inger intenzitásának* van fő szerepe: a helyes irányvételhez az organizmusnak úgy kell beállítódnia (lényegében elhelyezkednie), hogy az inger a receptort *a legnagyobb intenzitásban* érje, vagy a páros receptort *egyenlő intenzitásban* érje. Ezek a reakciók a legkülönbözőbb és egyre kifinomultabb formákban (orientációs reakció – a fixáció is részben ide számítható) fennmaradnak és fontos szerepet töltenek be végig az állati fejlődés minden szintjén, beleértve az embert. Mégis nem bizonyulnak elégségesnek a lokomóció irányítottságának biztosítására. Az állati lokomóció a fejlődés során felgyorsul, a lokomóció irányának fent leírt, „keresés” útján való meghatározása viszonylag lassú. Egyre gyorsabb irányvételre van szükség, pl. a követő, különösen az üldöző mozgásnál. Hamarosan meg is jelenik – először csak nagyon tökéletlen és redukált,

később egyre tökéletesebb és kiterjedtebb formában – egy egészen más típusú berendezkedés, mely valójában visszatérést jelent a halmozelméleti alapfeltétel megvalósításának eredeti elvéhez: a különböző irányból jövő ingerek az organizmust *különböző pontokon érik*, és a lokomóciós reakció iránya e különböző pontok szerint variál. Hogyan valósulhat ez meg – legalábbis részben – annak ellenére, hogy az adiafor hatást átalakító apparatus viszonylag kis területet foglal el a test felületén?

Az az ingerfajta, mely ilyen alakulásra elsősorban lehetőséget ad, egyúttal a leguniverzálisabb az élőlények környezetében: a fény. Bizonyos tulajdonságai eleve és különlegesen predesztinálják rá: *terjedésének egyenes iránya és leárvénykolhatósága*. Nagyon egyszerű berendezkedéssel elérhető, hogy a fényérzékeny sejthez, az átalakítóhoz, csak bizonyos irányból jövő fény (vagy irányokból – bizonyos szűk körzeten belül) juthasson el. Elég, ha ez a sejt egy kehely formájú, át nem látszó pigmenttel bélelt mélyedésben van. Így csak az a fénynyaláb érheti el, amely a kehely nyílásának oldala felől jön. Ilyen különböző irányra beállított receptorok, ocellusok (szemecskék) találhatóak már a primitív többsejtűeknél, pl. az örvényférgék testfelületén az átlátszó epidermisben vagy az alatt. A további fejlődés során a különböző irányra beállított ocellusok egyetlen nagyobb, ugyancsak kehely formájú felületi betüremelésbe süllyedve egymás mellett helyezkednek el, s mindegyikhez nagyjából csak az a fénynyaláb jut el, amelyik a kehely nyílásán keresztül meghatározott irányból odaérkezik. Az összehasonlító fiziológia az optikai receptornak ezt az alakulását általában úgy jellemzi, mint az „iránylátás” megjelenését a fejlődésben – szemben az egyszerű receptor-berendezkedésekkel, melyek csak a világosság–sötétség dimenzióban történő ingervariációkra reagálnak. Mi a „látásra” egyelőre nem utalunk; sőt, mint az olvasó észrevehette, pszichikus jelenségek még egyáltalában nem szerepeltek fejtegetéseinkben. A lokomóció irányítottsága valójában korábban jelenik meg, mint az „iránylátás” – az új berendezkedés csak a lokomóció jobb irányvételét teszi lehetővé.

Némi magyarázatot kell fűznünk ahhoz, hogy ez az irányvétel (lényegében: a betájolás) miért pontosabb és egyértelműbb akkor, ha egyszerűen csak az inger támadási pontja vagy helye határozza meg, függetlenül az inger intenzitásától – eltekintve attól, hogy

gyorsabb is, minthogy az állatnak nem kell „megkeresnie” azt a támadási pontot (megfelelő orientációs mozgással), ahol az inger a két receptort egyenlő intenzitásban éri. Ennek szerkezeti alapja minden jel szerint a következő: a különböző támadási pont egyúttal különböző szomatikus egységet, különböző receptorsejtet vagy sejtegyüttest jelent; *mármost úgy látszik, könnyebb a kiváltott reakciónak a szerint variálnia, hogy egy adott receptoregységet valamilyen inger egyáltalában ér-e vagy nem, mint a szerint, hogy maximális intenzitásban éri-e vagy nem (illetve vektoriális formában: két receptoregységet egyenlő intenzitásban ér-e vagy nem)*. Ez a mozzanat uralkodó végig a fejlődésben. Itt nem térünk ki a mozzanat információelméleti implikációira, különösen arra, ami az egységnyi „bit” információmennyiség alapvető jelentőségében és végül az „on” és „off” folyamatok információhordozás szempontjából való éles elkülönülésében jut kifejezésre.

A fent jellemzett „irányszemek” — ahogy egyes biológusok nevezik — valójában csak közbülső állomásai egy sokkal nagyobb jelentőségű fejlődésnek. A döntő mozzanat az, hogy a különböző irányra beállított fényérzékeny egységek (ocellusok) — mint már a kehely-formációnál — nem diszkrétan elszórva, hanem szorosan egymás mellett, *összefüggő receptorfelületet* képezve, helyezkednek el. A kehely nyílása összeszűkülhet, míg maga a kehely kitágulhat (mint pl. a Nautilus-nál) oly módon, hogy végül is egy pontnyílású *camera obscura* áll elő. Minthogy a fény aszerint, hogy mely irányból jön, a receptorfelület különböző pontjára esik, *a környezet egy szeletének a képe* jelenik meg ezen a felületen. Egészen más technikai elv alapján, de hasonló effektust eredményez egy másik képződmény, az ún. komplex vagy összetett szem, mely egymástól optikailag teljesen izolált, kis, legtöbbször hatszögletű piramis formájú pigment csövekkel leárnyékolt egységekből, ún. ommatidiumokból áll; ezeken csak az a vékony fénynyaláb jut keresztül, melynek iránya a pigmentcső (a „fényselektor” — ahogyan DARTNALL, H. J. A., 1962, 328. o. nevezi) irányával megegyezik. Az ommatidiumok külön egységek, külön fényérzékeny sejtcsoporttal (retinula), mely végül egy egyesített rostban (rhabdom) folytatódik az organizmus belseje felé. Így áll elő az ún. összetett vagy komplex szem. A retinulák itt is egységes és többé-kevésbé folytonos „mezővé” zárulnak össze, amilyen a

környezet egy szeletének a „képe” (ún. „appozíciós képe”) megjelenik. A nagyon sokféle képződményt, melyekkel a fejlődés itt is „kísérletezik”, nem tárgyaljuk; a fentiekre is csak azért utaltunk — nagyon röviden —, hogy eljussunk egy mozzanat világos megértéséhez, mely az állati cselekvés adiafor determinációjának továbbfejlődését — mint látni fogjuk, nemcsak az optikai ingerek vonatkozásában — döntő módon meghatározza.

Az új típusú fényfelvevő apparátus kifejlődése ugyanis — akár a kameraszem, akár a komplex szem formájában — többet tesz lehetővé, mint csupán azt, hogy a különböző irányból jövő fényingerek az organizmust különböző pontokon érik (s ezzel a hal-mazelméleti alapfeltétel tökéletesebben megvalósul), hanem valami mást is, ami talán első pillanatban nem tűnik fontosnak. Éspedig (a fény egyenes vonalú terjedése és leárnyékolhatósága folytán) szükségszerűen magával hozza azt is, hogy *a környezet különböző pontjaiból jövő* (vagy azoktól visszavert) *fénysugarak az organizmust — vagy helyesebben: annak egy fényérzékeny felületi részét — különböző pontokon érik.*

Hogy ennek a fejleménynek a jelentőségét —, mely a „bizonyos irányból jövő” és a „bizonyos környezeti pontból jövő” (látszólag csak átfogalmazásbeli) különbségén alapszik — a maga teljességében belássuk, mindenekelőtt rá kell újólag eszmélnünk a fényinger univerzális jellegére: fényinger az állat és az ember környezetében — legalábbis nappal, de legtöbbször éjjel is — mindig jelen van; éspedig olyan formában (s számunkra most ez fontos), hogy *a környezet minden pontja* valamiképpen (bizonyos százalékban vagy bizonyos hullámhosszakra korlátozva) visszaveri. Ami továbbmenően azt jelenti, hogy *a környezet egy meglehetősen nagy szeletének minden pontjából fény érkezhethet a receptorba*, és az új berendezkedés lehetővé teszi, hogy ezek egymástól elvben függetlenül a receptorfelület különböző pontjaira hassanak. Ennek eredményeként: *megközelítően minden egyes környezeti ponthoz — e szeleten belül — a fényinger közvetítésével hozzárendelődik egy „hatáspont” a fényérzékeny felületen* (a retinán). A geometria nyelvén így mondhatjuk: *a környezet egy szelete „leképeződik” a receptorfelületen.* A fenti hozzárendelődés valójában — leképezéses viszony.

Ezt az alakulást nagymértékben elősegítette (ha ugyan nem



teljes egészében lehetővé tette?) egy jelentős technikai újítás. Az eddig tárgyalt berendezések gyenge pontja az, hogy a hatékony fény, mely az egyes receptoregységeket eléri, a camera obscura pontszerű nyílása vagy a fényszelektorok szűk lumene miatt (az összetett szemben) nagyon kis intenzitású, és így túl nagy követelményeket támaszt az átalakítókkal szemben. Ezen segít a kamera típusú szemekben már korán megjelenő segédszerkezet, a *gyűjtőlencse*. Ez az egy pontból jövő fénysugarakat — mint ismeretes — úgy töri meg, hogy azok a gyújtósíkban újra egy pontban találkoznak. A kamera nyílásának nem kell tehát pontszerűnek lennie; az újfajta nyílás — a pupilla — már sokkal nagyobb. Még meg kell gondolni: a fény a tárgyfelület minden fényt visszaverő pontjából minden irányba sugarasan szétterjed; ennek a fénycsóvának jóval nagyobb része jut most már át a pupillán és egyesül a szemlencse közvetítésével megint egy pontban a lencse gyújtósíkjában elhelyezkedő receptorfelületen. Figyeljünk fel arra, hogy az így előálló viszonylag erős fényhatás elsősorban a visszavert — és nem közvetlenül a fényforrásból jövő — fényinger esetében fontos: az utóbbinál nemcsak nem segít, de legtöbbször inkább védekezésre, a pupilla szűkítésére (ha ehhez van kellő izomapparátus) készíti a receptorkészüléket. A lencsés szem tehát éppen a fent jellemzett hozzárendeléses viszony jobb technikai feltételeit teremti meg.

Röviden ki kell térnünk arra, hogy valaminek a „leképezése” nem azonos azzal, hogy annak a képe megjelenik valamilyen felületen. A leképezés általánosabb fogalom, a kép annak csak maximálisan formahű megvalósulási változata. A formahűség azonban nem feltétel, és messzemenően redukálódhat. Pl. a leképezés szempontjából nincs jelentősége annak, hogy a kamera típusú szemben a tárgyak fordított képe, az összetett szemben pedig az egyenes képe jelenik meg. A torzkép is lehet tökéletes leképezés. Adott esetben a redukált leképezés jobb szolgálatot tesz, mint a teljesen formahű változat; egy város térképe alapján jobban eligazodunk, mint a városról madártávlatból készített fénykép alapján — pedig az utóbbi nyilván formahűbb. Mindezt azért is hangsúlyozzuk, mert a modern érzékelés-lélektanban éppen újabban egyre inkább szakítanak

az ún. izomorfizmussal, mely bizonyos elméleti irányzatok sugalmazására érdemén felül nagy szerepet játszott a kutatók gondolkodásában.

Fontos mozzanat még a következő: a hozzárendeléses viszony olyan formában valósul meg, hogy (megint csak az apparátus sajátos felépítése folytán — és pedig mind a két típusú szemben) a „hatáspontok” *viszonylag kis területen belül* maradnak — annak ellenére, hogy megközelítően egy az egyhez viszonyban tartoznak a környezet egy sokkal kiterjedtebb szeletének minden pontjához. Úgy véljük, szükségtelen a leképezés geometriai törvényeinek részletes kifejtése ahhoz, hogy világosan belássuk, hogyan képeződhet le a környező valóság egy viszonylag csaknem óriási szelete olyan piciny területen, mint pl. az emlősök retinája. A leképezésnek ezt a lehetőségét minden fényképész ismeri. Mindenesetre a kis „léptékű” leképezés átsegíti az organizmust azon a nehézségen, hogy a halmazelméleti alapfeltételt legalább megközelítően megteremtse — annak ellenére, hogy az adiafor hatást felvevő (irreleváns hatásba átvivő) apparátus, mint már megállapítottuk, csak viszonylag kis testfelületi részt foglalhat el.

A fényinger közvetítésével tehát a környezetnek egy meglehetősen nagy szelete képeződhet le a receptorfelületen — de nyilván *nem az egész környezet*. Adott esetben azok a fényingerek, amelyek valamilyen biológiailag releváns esemény antecedenseitől származnak, az éppen leképezett szeleten kívül eső környezeti pontokból jönnek. Az organizmus megint az ősi állati reakcióformával segít magán: mozog; vagy az egész test elmozdul és vele együtt a felvevő apparátus, vagy csak az a testrész változtatja helyzetét, amelyen az apparátus foglal helyet (általában a fej vagy a fejtáj), vagy maga a fényfelvevő apparátus mozdul el — megint csak arra a valószínűsége fel, hogy a környezet újonnan leképeződő szeletéből olyan ingerek jönnek, melyek valamilyen biológiailag releváns esemény antecedenseitől származnak. Ezek a mozgások lényegében ugyanolyan természetűek, mint a már tárgyalt orientációs mozgások. Segítségükkel — különösen, amikor már a különböző orientációból („nézetből”) nyert leképezési mezők valamiképpen integrálódnak (lásd erre vonatkozóan a modern percepció-kutatást, pl. HEBB, D. O., 1968) — megvalósul az, amit általánosságban a *kör-*

*nyező valóság adiafor leképezésének* nevezhetünk. (Még megjegyezzük: nem azért mondunk az egyszerű „környezet” helyett „környező valóságot”, mert az utóbbi elegánsabb kifejezés. Különleges okunk van rá: a fényinger sajátossága következtében a Hold vagy a Sirius is leképeződhet az állat retináján, de talán erőszakos fogalomhasználat volna azt mondani, hogy ezek az égitestek az állat „környezetébe” tartoznak.)

Meggondolásaink lényegét és elvi jelentőségét nem érinti az, hogy a leképezés a különböző fajok látóapparátusában nagyon variábilis tökéletességgel valósul meg, sőt néha szinte érthetetlen zavaró körülmények nehezítik (melyeket már HELMHOLTZ felpanaszolt). Pl. a recehártyának valójában csak egy kis központi része, a fovea az, amely a leképezést nagyjából a kívánt fokban megvalósítja, a többi rész működését zavarják a közbeeső retinarétegek, az érlombozat (vagy a pecten a madaraknál) árnyékot vet rájuk, egyes körzeteik teljesen fényérzéketlenek (papilla). Továbbá: a kép csak akkor „éles” (ami egyértelmű a leképezés kielégítő megvalósulásával), ha az akkomodáció pontos, ami nem mindig érhető el; ugyancsak zavaró a kromatikus aberráció (a differenciális fénytörés következtében). És még sorolhatnánk a „tökéletlenségeket”. Mégis azt kell mondanunk – noha ennek bizonyítására itt nem térhetünk ki –, hogy mindez inkább a leképezés formahűségét, mint annak kielégítő pontosságát alterálja.

A leírt alakulás jelentőségét mindenekelőtt az állati lokomóció vezérlésében könnyen felismerhetjük. Mint már korábban (11. fej.) kifejtettük, az állati lokomóció úgyszólván mindig többszörösen irányított: a környezet különböző pontjaiból jövő adiafor hatások együttesen váltják ki és határozzák meg irányát. Az új, leképezéses ingerfelvevő apparátus ezt lehetővé teszi: a lokomóciós reakciót a környezet több pontjából egy időben (vagy megközelítően egy időben) érkező fényingerek – vagyis azok az adiafor hatások, melyeknek ebben az irányításban a legfontosabb szerepük van – együttesen, vektoriálisan determinálhatják. Vagyis lehetővé teszi azt, amit a 11. fejezetben így jellemeztünk: az állati lokomóciót a mező vezérli.

### III. AZ ADIAFOR HATÁS MINT INFORMÁCIÓ. AZ ÉRZÉKELÉS

#### 14. Az adiafor determináció és a „jelzés”

Az eddigieknél érdekesebb és távlatában nagyobb horderejű egy másik alakulási vonal, mely a környező valóság adiafor leképezésével megindul. Korábbi fejtegetéseink a következő megállapításban csúcsosodtak ki: a biológiailag releváns esemény törvényszerűen megelőzi egy adiafor hatás, mely az illető esemény antecedenseitől (az eseményhez vezető történés korábbi szakaszaitól, esetleg e szakaszok feltételeitől, e feltételeket létrehozó folyamatoktól, e folyamatok feltételeitől stb.) származik. Ez az adiafor hatás hívja elő a cselekvést (vagy a cselekvésmódosítást), mely a szituációt oly módon változtatja meg, hogy a biológiailag releváns esemény elmarad (amennyiben negatív), vagy hogy egyáltalában bekövetkezik (amennyiben pozitív). De most azt látjuk, hogy *adiafor hatások a környezet minden pontjából érkeznek az organizmushoz, és a receptorok felveszik ezeket a hatásokat; ami azt jelenti: felveszik e hatásokat függetlenül attól, hogy azok valamely biológiailag releváns esemény antecedenseitől származnak-e vagy sem*, tehát valójában függetlenül az egész berendezkedés „ösfunkciójától”. Van ennek valamilyen külön jelentősége?

Ezen a ponton aktuálissá válik egy fogalom bevezetése, melyre az olvasó talán már jó néhányszor „ráérezett” fejtegetéseink során, és talán hiányolta is, hogy annak használatát eddig kerültük. Az organizmust a fentiek szerint *kétféle* adiafor hatás érheti – egy időben vagy különböző időben. Az egyik egy biológiailag releváns esemény antecedenseitől származik, a másik nem; az előbbi előhív vagy előhívhat egy cselekvést, mely a releváns eseménynek (elhárítólag vagy elősegítőleg) elébevig, az utóbbi nem hív elő semmilyen cselekvést.

Ezt a számunkra most már nagyon világos szerkezetű tényállást eddig leggyakrabban a következő leírási formával közelítették meg: bizonyos ingerek „jelzik” egy biológiailag releváns esemény bekövetkezését, mások nem. Vagyis bizonyos ingerek „jel-

zések”, mások nem. Így is fogalmazták: bizonyos ingereknek „jelző funkciójuk” van.

A „jelzés” és a vele rokon fogalmak használata (mint „jel”, „szignál”, „jelölés”) a külvilágból jövő ingerek és az organizmus viszonyának meghatározásában régi és nagyon elterjedt. Elterjedtségét két mozzanatnak köszönheti: 1. látszólag teljesen világos, jól érthető fogalom, 2. magyarázó értéke — ugyancsak látszólag — nagy. Vegyünk egy példát, melyben a jelzés fogalmát igen ésszerűen és komoly magyarázó értékkel használták. A védekező reflex (pl. a láb elrántása, amikor valamilyen káros hatás — áramütés, szúrás — éri) hozzákapcsolható egy tetszés szerinti ingerhez, mely a káros hatást ismételtlen és röviddel megelőzi (feltételes védekező reflex). A tetszés szerinti inger (pl. metronómütés) előzőleg semmilyen reakciót nem váltott ki, most kiváltója lett egy reakciónak. Az alakulás biológiai értelmét így adták meg: a tetszés szerinti inger a károsító hatás „jelzésévé” vált. A jelzés fogalmának ilyen használatát PAVLOV vezette be. A következő mozzanat lebegett szeme előtt: az, ami valamit rendszerint és röviddel megelőz, jelzése lehet annak, amit megelőz. *A jelzés alapfeltétele: az előbbtörténet.* A „jelzéssé válás” abban nyilvánul meg, hogy a jelző inger kiváltja azt a reakciót (vagy cselekvést), melyet eddig csak a „jelzett” váltott ki.

A fogalmat jól ismerjük a mindennapi életből. A jelzés számunkra bizonyos összefüggést jelent (a jelző és a jelzett között), melynek implikációira, különleges (de szükségszerű) jegyeire sohasem eszmélünk rá. Valójában nem is igen tudunk minden további nélkül ráeszmélni, és nem is szükséges, hogy ráeszméljünk — a szót világosan „értjük” — enélkül is. A reakció hozzákapcsolódását egy megelőző ingerhez, illetve annak biológiai értelmét — úgy érezzük — megmagyaráztuk a fenti példában azzal, hogy az inger jelzi a veszélyt.

Bármily meglepő is azonban, a jól érthető és világos magyarázat elfedte a tényállás legfontosabb mozzanatait. Elfedte abban az értelemben, hogy e mozzanatokról — éppen a magyarázat plauzibilitása folytán — a gondolkodás elterelődik. „A magyarázat” nyomán nem jutottak el két pont felismeréséig, melyeket pedig eddigi fejtegetéseink alapján fundamentális jelentőségűnek tartunk. 1. A jelzés — adiafor jellegű. Mondták ugyan, hogy az inger

eredetileg „semleges” — de ez csak azt jelentette, hogy eredetileg nem hívott elő semmilyen cselekvést. 2. A jelzés nem pusztán véletlenszerű előbb-történeken alapszik. Mint tudjuk, az előreszaladó adiafor hatás és a megelőzött biológiailag releváns esemény közös kauzál-kondicionális eredetűek (a „joint causation” elve). Ez a mozzanat különösen elmosódik a kísérleti szituációban, amelyben bármely tetszés szerinti inger megelőzheti (ismételten és röviddel) a biológiailag releváns eseményt (pl. a láb megszúrását vagy az enivalóhoz jutást). Nyilvánvaló azonban, hogy a közös kauzál-kondicionális eredet itt is fennáll (csak a gondolkodás nem „terelődik” rá): ugyanaz a kísérletvezető, aki a jelző ingert adja, gondoskodik arról, hogy azt a biológiailag releváns esemény (ismételten és röviddel) kövesse. Mindenesetre itt a jelző inger megjelenése a biológiailag releváns esemény előtt, és a kettő közös kauzál-kondicionális eredete *kódolt jellegű*; az ember rendezi meg, nem folyik a környezet természetes kauzális szerkezetéből (mint pl. az, hogy a közeledő tárgyról visszavert fénysugarak előbb elérik az organizmust, mint maga a közeledő tárgy). — E két mozzanat felismerése nélkül a „jelzés” fogalmának használata kevés magyarázó értékkel bír, és csak látszatplauzibilitást biztosít. Eddig éppen azért kerültük, mert belőle kiindulva és reá hivatkozva nem juthattunk volna el megállapításainkhoz, vagy ha ezt a jelzés fogalmának valamilyen elemzése útján megkíséreltük volna, az olvasó valószínűleg nem szívesen követte volna „tisztán teoretikus” fejtegetéseinket.

Az eddigiek alapján már láthatjuk, hogy a jelzés fogalmának két aspektusa van, melyeket gyakran összezavarnak: 1. a jelzés viszonya valamihez, amit rendszeresen megelőz és 2. viszonya valamilyen cselekvéshez, amelyet kivált. Az egyik vagy a másik aspektus teljesen háttérbe szorulhat. A barométerállás jelzi, hogy pl. hamarosan vihar lesz — ami adott esetben semmilyen cselekvésre sem készítet. A vörös forgalmi lámpa kigyulladásá elsősorban azt jelzi, hogy pl. a gépkocsinak meg kell állnia. Ebben az esetben talán inkább a „szignál” szót használjuk. Néha a jelzés szó eredeti jelentéstartalma messzemenően redukálódik: egyszerűen csak *jeladás a cselekvésre* (pl. a pisztoly eldördülése a rajtnál). A közös kauzál-kondicionális eredet a baro-

méterállás esetében még világosan felismerhető – ha a figyelmet arra felhívjuk. Ez a mozzanat a másik két példában tárgyaltan, s úgy tűnik, „bele” sem „magyarázható”. Az adiafor jelleg pedig – ha arra a figyelmet egyáltalában felhívjuk – szinte nevetségesen természetesnek tűnik. „Természetes” az, hogy ha a barométer állása helyett pl. könnyefakasztó gázok megjelenése „jelezné” a közeledő vihart, ez legalábbis nagyon tökéletlen „jelző berendezkedés” volna; még inkább „természetes”, hogy a rajtnál eldördülő pisztolylövés nem történhetik úgy, hogy a futó testébe lőnek. A „természetesség” azt jelenti, hogy nem kell többet gondolkodni róla – a jelenségben nincs semmi problematikus. A természetesség-patina néha olyan erősen rakódik rá egyes jelenségekre, hogy annak „lekaparása” szinte eszünkbe sem jut. Kérdezzünk meg egy tanulatlan embert, hogy miért esnek le a támasztékuktól megfosztott tárgyak, s figyeljük meg reakcióját. Nem is az az érdekes, hogy az illető a kérdést megválaszolni és a jelenséget megmagyarázni nem tudja, hanem az, hogy a kérdést nem is nagyon érti. Annyira „természetes” számára, hogy a tárgyak leesnek, hogy erre – úgy érzi – nem kell magyarázat. Már azt furcsának találja, ha arról beszélünk, a tárgyak a „föld felé” esnek – mert számára csak az természetes, hogy „lefelé” (nem felfelé) esnek (hogy „lent” – legalábbis bizonyos mélységben – mindig föld van, nem is merül fel a kapcsolatos gondolatkörben). Az pedig már szinte érthetetlen és „felesleges” magyarázat, hogy azért esnek le, mert a föld „vonzza” őket. Tudományos beállítottság, sőt zsenialitás kellett hozzá, hogy a természetes jelenség problematikáját felismerjék. Többen hangsúlyozták (már KANT – a modern gondolkodáspszichológusok közül különösen WASON), hogy „a kutatásban fontosabb – és nehezebb – a helyes problémákat megtalálni, mint megoldani” (WASON, P. C., 1966, 150. o.).

Mégis – éppen a feltételes reflex kialakulásának biológiai jelentőségét keresve – több kutatónál felbukkan a gondolat, hogy itt valamilyen biológiailag releváns esemény megelőzéséről van szó – és pedig valamilyen biológiailag nem releváns hatás felhasználásával. Pl. CULLER azt mondja, „a feltételes reflex, röviden, nem egyéb, mint a természet intézkedési módja arra, hogy

felkészítsen a fontos ingerre”, és „a közeledő ellenségnek sem a látványa, sem a hangja nem lényegénél fogva („intrinsicallly”) ártalmas; kondicionálhatóság nélkül ezek az exteroceptorok elvesztették volna filogenetikai jelentőségüket”. (CULLER, E. A., 1938, 136. o.) Hasonló elgondolással találkozunk még korábban WOODWORTH-nél (1928) is. Ezek a valójában csak aperçu-szerűen odavetett megjegyzések nem voltak alkalmasak arra, hogy a fundamentális jelenségre ráirányítsák a figyelmet — arra, hogy a természet (ha szabad CULLER allegóriáját tovább használnom) nagy arányokban felhasználja a jelentéktelent, hogy megbirkózzék a jelentőssel; vagy arra, hogy ez hatja át az egész állati életformát, és különösen arra nem, amihez csak kissé később érkezünk el, hogy ugyanis ez vezet a pszichikus jelenség színre lépéséhez az állati életben. Két okból hiányosak ezek a meglátások: egyrészt nem veszik figyelembe az inger, a hatás és a biológiailag releváns esemény pontos relációit, másrészt nem tesznek különbséget adiafor és irreleváns között.

Hasonló gondolatok PAVLOVNál is felmerülnek — sőt talán nagyobb súllyal, mint a többi kutatónál (PAVLOV, I. P., magyar kiad. 1953, 304. és 376. o.). Mégis figyelemre méltóbb egy másik idevágó gondolatmenete. PAVLOV már kutatásai kezdetén vitába száll azokkal, akik a feltételes reflexben — a feltétlennel összehasonlítva — valami lényegesen és létezési formájában is új elemnek, a pszichikusnak a megjelenését látják („pszichikus nyál- elválasztás” — ahogyan korábban nevezték), míg a feltétlen reflexet „csak” fiziológiai jelenségnek tartják (fiziológiai nyál- elválasztás). Pedig — mondja PAVLOV — a különbség csak a következőben áll: Amikor pl. a száraz táplálék a szájba kerül, fokozott nyál- elválasztás indul meg; a száraz táplálék — éppen szárazsága folytán — bizonyos ingerhatást gyakorol a száj nyálkahártyájára, mely előhívja a kiadós nyál- elválasztást, s ez visszahat a táplálékra, amennyiben annak szárazságát megszünteti. A fiziológiai nyál- elválasztásnál tehát végső soron a tápláléknak az a jellege (száraz- ság) okozza a fokozott nyál- elválasztást, amelyre maga a nyál- elválasztás irányul (a szárazság megszüntetése). Más a helyzet PAVLOV szerint, ha az állat már a száraz étel megpillantására nyál- lazni kezd. Ez esetben a táplálékról jövő fénysugarak váltják ki a nyál- elválasztást, tehát olyan mozzanatok, melyek nem függenek



össze közvetlenül az emésztés szempontjából lényeges mozzanattal (a szárazsággal); a nyálevlasztás — noha a fénysugarak váltják ki — nem a fénysugarak vagy a táplálék optikai felületi tulajdonságainak valamilyen megváltoztatására irányul. Gondolatmenete eredményét PAVLOV így összegezi: „A fizioiógiai kísérletben tehát az állatot a tárgynak a nyál fizioiógiai szerepével kapcsolatos lényeges, feltétlen tulajdonságai ingerlik” — ezzel szemben: „Pszichés kísérletekben az állatot a külső tárgynak a nyálmirigyek szempontjából nem lényeges, sőt esetleg teljesen véletlen jellegű tulajdonságai ingerlik.” (PAVLOV, I. P., magyar kiad. 1953, 294—295. o.)

PAVLOVNál itt, ahogy erre egy korábbi munkámban rámutattam (KARDOS L. 1957, 19. o.), már feldereng a speciális viszony a felidéző mozzanat és a felidézendő eredmény között, vagyis az, amit most a közös kauzál-kondicionális eredet formájában határozottunk meg. Az étel szárazsága egyrészt feltétele bizonyos mechanikus és kémiai ingereknek, melyek a száj és a nyelv receptorait érik, másrészt ugyanaz a szárazság feltétele (vagy oka) annak a később az emésztési folyamatban esetleg bekövetkező nehézségnek, mely a száraz ételnek a béltraktusba való bejutásánál előállna. Ennek a későbbi biológiailag releváns eseménynek vág elébe — elhárítólag — a kiváltott fokozott nyálevlasztás. Egyelőre eltekintünk attól, hogy kimutassuk: a mechanikus és ízingerek ugyancsak adiafor folyamatok, melyek a receptorokra hatnak és önmagukban az emésztési folyamat megkönnyítéséhez vagy megnehezítéséhez semmi közük; a kontaktreceptorokkal később fogunk foglalkozni. De vajon teljesen igaza van-e PAVLOVNak, amikor azt állítja, hogy a tárgyról jövő fénysugarak a tápláléknak, mint olyannak, az emésztés és a nyál funkciója szempontjából irreleváns tulajdonságaival (vagyis nem a „szárazsággal”) függenek össze? Első pillanatra valóban így tűnik. De gondoljuk meg: a száraz táplálékról olyan fénysugarak érkeznek az állat szemébe, melyek „elárulják”, hogy száraz, vagyis a száraz táplálékfelületre jellemzők; ez a táplálékfelület tehát éppen a szárazságtól olyan, amilyen (s nem valamilyen véletlen folytán). Így végül a közös kauzál-kondicionális eredet fennáll — pontosan ugyan-

úgy, mint a szájba kerülő táplálék ízlelésénél. Sőt a közös kauzál-kondicionális eredet fennáll akkor is, ha csak — ahogy PAVLOV mondja — véletlen jellegű kapcsolatról van szó, pl. arról, hogy a száraz étel szájba kerülését a metronómütés jelzi; mint már rámutattunk, a közös kauzál-kondicionális eredet ez esetben a személyben rejlik, aki mind a száraz étel szájba kerüléséért, mind a jelző inger megjelenéséért felelős. A feltétlen és a feltételes reflex különbsége e ponton csak annyi, hogy az egyiknél a közös kauzál-kondicionális eredet (a kiváltó inger és az elhárítandó emésztési nehézség között) szinte szembe-szökő, a másiknál pedig csak a gondos ráeszmélés deríti fel.

Kissé más formában ugyanez az elsietett értelmezés visszatér modernebb szerzőknél. MARLER és HAMILTON a következőt írják: „Az állatok, ha olyan kritikus szituációkkal kell szembenállniuk, melyekhez szükséges, hogy reagáljanak, kifejlesztenek mechanizmusokat, melyek reaktívvá teszik őket a szituáció valamilyen elvonatkoztatott tulajdonságára. Az ilyen jelző inger vagy ingerkomplexus lényeges tulajdonsága az, hogy minden szituációban szerepel, amelyben az illető reakció kívánatos. A reprezentatív inger maga lehet önmagában teljesen irreleváns ('without any inherent relevance') az élet fenntartása szempontjából. Semmi ok sincs azonban arra, hogy ne vehetné át ugyanezt a szerepet a szituációnak egy biológiailag jelentős tulajdonsága — pl. valamilyen táplálék jelenléte, mely az evést előhívja — feltéve, hogy kielégít bizonyos szükséges feltételeket.” (MARLER, P. és HAMILTON, W. J., 1966.) Figyeljük meg: a szerzők először azt mondják, hogy a „reprezentatív inger” (ez a kifejezés még JENNINGStől származik) „maga lehet önmagában teljesen irreleváns az élet szempontjából”. Ez a jellemzés némileg megközelíti az adiafor fogalmát. A reprezentatív inger a szituáció egy elvonatkoztatott tulajdonsága („an abstracted property”). De azután hozzáfűzik, hogy a szituáció egy biológiailag releváns tulajdonsága is — táplálék a környezetben — átveheti a reprezentatív jelző inger szerepét. A félreértés itt kettős: A táplálék a környezetben sohasem játssza az inger szerepét, hanem csak a fénysugarak, a róla felszálló gáznemű anyagok, az általa felidézett hangok (ha a táplálék pl. mozgó élőlény), vagy — ha a táplálék már a száj vagy a nyelv nyálkahártyájához ér — bizo-

nyos kémiai hatások; ezek viszont önmagukban éppen úgy „irrelevánsak az élet fenntartása szempontjából”, mint az összes többi inger. Egyébként a szerzők nem veszik tekintetbe a pszichológiában oly nyomatékosan követelt megkülönböztetést „inger” és „ingertárgy” („stimulus” és „stimulus object”) között. A félreértés másik pontja: az előzőleg említett reprezentatív inger („az elvonatkoztatott tulajdonság”), bár „irreleváns az élet fenntartása szempontjából”, mégis szükségszerűen közös kauzál-kondicionális eredetű azzal, ami a szituációban (melyet „reprezentál”) biológiailag releváns (a veszéllyel vagy a jó lehetőséggel); másképp pusztán véletlen volna, hogy minden szituációban fellép, melyben a reakció (a veszély elhárítására vagy a jó lehetőség kihasználására) kívánatos. Az idézetben szembeállított szituációk között tehát a cselekvés előhívásának mechanizmusa és a szituációt reprezentáló ingerek tekintetében nincs lényeges különbség.

A jel fogalmát — különösen újabban — minthogy igen nagy súllyal szerepel mind a pszicholingvisztikában, mind a kibernetikában és információelméletben — többen elemezték és meghatározták. Érdekes, hogyan viszonyul felfogásunkhoz a jel fogalmának újabb értelmezése. A „célszerű rendszerek” általános elméletének kifejtése során ACKOFF, R. L. és EMERY, F. E. a jel („sign”) fogalmát — kissé túl tömören (és magyarra nehezen fordíthatóan) — így határozza meg: „jel: potenciális létrehozója („producer”) egy reakciónak — egy reakciónak valamihez, ami más, mint ő maga” („a response to something other than itself” — ACKOFF, R. L. és EMERY, F. E., 1972, 101. o.). Véleményünk szerint ez a jelfogalomnak megközelítően a legjobb definíciója (a sok közül, melyekkel próbálkoztak) — feltéve, hogy a „reakció valamihez” („response to something”) viszonylatot helyesen értjük. Kifejezi, hogy a jel felidéz (vagy felidézhet) valamit, ami nem ő reá magára irányul, hanem arra, amit jelez. Az ellenség elől való menekülés (az ellenség megpillantásakor) nem „reakció az ellenségről jövő fénysugarakra”, hanem az ellenség közeledésére. Mégis különösen a behaviorista szemléletű kutatók ma is hajlamosak a jelenséget az inger—reakció formulába szorítani. De a definícióból, bár pontos, nem világlik ki a különös és csak nehézkesen megfogal-

mazható összefüggés: a menekülés az ellenség elől, mint reakció valóban nem irányul a fénysugarakra, vagyis a reakció közvetlen okozójára; *amire irányul, az ennek a közvetlen okozónak az okozója (vagy feltétele) — éspedig olyan speciális okozója (vagy feltétele — mert ilyen okozó vagy feltétel több van), amely egyúttal okozója (vagy feltétele) volna vagy lehetne egy másik, de biológiailag releváns eseménynek — csak „volna” vagy „lehetne”, mert megvalósulása még az előhívott cselekvéstől függ.* Ez éppen a közös kauzál-kondicionális eredet lényege. A tényállás valóban nagyon bonyolult, és csak az előző aprólékos fejtegetések teljes megértése után követhető.

A jelzés fogalmának teljes értékű használhatósága azonban kérdésessé válik, amint a „megelőzés” mozzanata, ahogyan arra korábban rámutattunk, a tényállásban elmosódik. Nézzük meg, hogyan alakul a „jelzés” a következő példában: az éhes állat környezetében ennivaló bukkan fel, melyről fénysugarak érkeznek az állat szemébe; ezek arra készítetik, hogy odamenjen az ennivalóhoz. Beszélhetünk ez esetben az inger „jelzőfunkciójáról”? Milyen biológiailag releváns esemény későbbi bekövetkezését „jelzi”? Azt, hogy az ennivaló az állat szájába fog kerülni? Ezt az a cselekvés eredményezi, melyet maga a „jelzőinger” idéz fel. „Jelezheti-e” valami teljes értelműen annak a történésnek az eredményét, melyet ő maga idéz fel? Ez olyan, mintha azt mondanám: karom mozgása, mellyel a golyót elgurítom, jelzi a golyó beleütkezését a közeli falba. Megállapíthatjuk a következőt: *jelző és jelzett között* (a „jelzés” szó eddigi értelmezése szerint) *csak a szigorú értelemben vett közös kauzál-kondicionális eredet viszonya állhat fenn, nem következhetnek egymásra ugyanabban a kauzális eseménysorban, vagyis nem lehet az egyik egyszerűen oka (kiváltója) a másiknak. Külön is hangsúlyozni kívánjuk a finom, de nagy jelentőségű különbséget: a jelzőnek és a jelzettek szükség-szerűen van közös kauzál-kondicionális antecedense, de a jelző maga nem lehet egyszerűen kauzál-kondicionális antecedense a jelzetteknek.*

Érdekes, hogy az éppen tárgyalt példa leírásánál és elemzésénél a „jelzés” kifejezést már nem is használják a fenti értelemben. Az inger jelzőfunkcióját ez esetben így adják meg: az ennivalóról érkező fénysugarak jelzik, hogy az ennivaló a kör-

nyezet egy meghatározott pontján van. Merjük hinni, hogy fejtegetéseink nyomán az olvasó világosan felismeri, hogy ez a jelzés szónak (és fogalomnak) gyökeresen más használata. Hiszen itt az inger valójában saját kauzál-kondicionális antecedenseinek egyikét „jelzi”. A viszony a „jelző” és az újfajta „jelzett” között úgyszólván megfordítottja annak, ami a jelzésnek PAVLOV értelmezésében (s ez felel meg az eredeti, romlatlan nyelvhasználatnak) alapja. Látni fogjuk, hogy a jelzés szó használata ezúttal is némileg elfedte a viszony természetének helyes felismerését. S azt is látni fogjuk, hogy e viszony megjelölésére a modern kibernetika a „jelzésnél” sokkal adekvátabb fogalmi kategóriát kínál fel.

#### **15. Az adiafor leképezés további következménye: a „totális” viszony kialakulása a környezettel**

Tulajdonképpen még nem válaszoltunk a kérdésre, melyet az előző fejezet elején feltettünk: bizonyos adiafor hatások (fény) a környezet egy nagyobb szejletén belül minden pontból érkeznek az organizmushoz (adiafor leképeződés) — függetlenül attól, hogy valamilyen biológiailag releváns esemény antecedenseitől származnak-e vagy sem, tehát függetlenül az egész berendezkedés „ősfunkciójától”. Azt kérdeztük, van-e ennek valamilyen külön jelentősége.

Az adiafor determináció ügye nagyon „jól állna” és egyszerűen alakulna, ha a környezet szerkezete eleve olyan volna, hogy minden (vagy legalábbis nagyszámú) biológiailag releváns esemény bekövetkezését (vagy felidézésének lehetőségét) valamilyen specifikus adiafor hatás (most már így mondhatjuk) jelezné — és kizárólag csak ilyen esetben lépnének fel adiafor hatások, vagyis: más, biológiailag nem releváns események kauzál-kondicionális antecedenseitől származó adiafor hatások nem is léteznének. Ez esetben minden adiafor hatáshoz — annak specifikus jellege szerint — a megfelelő cselekvés tartoznék. De — és ezt legvilágosabban a fényinger esetében láttuk — *a biológiailag releváns események antecedenseinek nem különleges kiváltsága az, hogy előrefutó adiafor hatásokat idéznek fel*; a környező valóság úgy-

szólván minden pontja és tárgya szolgáltathat ilyen hatásokat. És — ha nem is ilyen arányokban — ugyanez áll a másik két eddig tárgyalt ingerféleségre: levegőrezgések és áramló gázok, melyek semmit nem jeleznek (nem származnak semmilyen biológiaiilag releváns esemény antecedenseitől), elérhetik az organizmus illetékes receptorát, és adiafor hatást gyakorolhatnak rá. Természetes követelmény, melynek megvalósulását posztulálni kell, az, hogy *a kétféle adiafor hatás* (vagy: a jelző és nem jelző inger) *között különbségek legyenek* — éspedig olyanok, amelyek az idegrendszeri  $\eta$ -változók különböző eltolódásait idézik elő.

Ez valójában a már tárgyalt halmazelméleti követelmény kiterjesztése. Előzőleg csak azt vizsgáltuk, hogy a különböző irányból jövő adiafor hatások hogyan válhatnak ki különböző irányú lokomóciót, most azt vizsgáljuk, hogy a különböző eredetű (releváns antecedensektől vagy nem relevánsaktól származó) adiafor hatások hogyan „diszkriminálhatók”, vagyis hogyan valósulhat meg, hogy az egyik előhív egy meghatározott — a jelzett biológiaiilag eseménynek (elősegítőleg vagy elhárítólag) elébevágó — cselekvést, míg a másik nem hív elő semmilyen. Ehhez kell éppen a fenti követelményt posztulálni. A követelmény tényleges megvalósulásáról meg kell állapítanunk a következőt: ha az előbb az élőlények földi környezetének arra a „mostoha” vonására mutatunk rá, hogy nemcsak a biológiaiilag releváns események kauzálkondicionális antecedensei szolgáltatnak adiafor hatásokat, hanem olyanok is, amelyek az élet fenntartása szempontjából irrelevánsak — most rá kell mutatnunk arra, hogy környezetünk még sem túl „mostoha”; legalább annyit biztosít, hogy *a releváns antecedensektől származó adiafor hatások nagy általánosságban különböznek a nem releváns mozzanatok keltette adiafor hatásoktól*. Nagy általánosságban: az üldözőről jövő fénysugáregyüttes különbözik a más környezeti tárgyakról jövő fénysugáregyüttestől, ugyanúgy a tőle származó levegőrezgések és szagingerek különböznek a más tárgyak által felidézett ilyen folyamatoktól.

De hangsúlyozzuk: csak nagy általánosságban. A földi környezet nem túl „előzékeny” ebben a tekintetben sem. Mindenesetre a receptorok és az idegrendszer fejlődésének egyik legfontosabb irányvonala az, hogy a ténylegesen fennálló, néha nagyon csekély, vagy „rejtett” (legtöbbször csak nagyobb ingeregységekben meg-

mutatkozó) különbségeket regisztrálni és azokhoz különböző reakciókat kapcsolni képes legyen. Hogy ez a legegyszerűbbnek látszó esetekben is milyen bonyolult feladat, mindenki felismerheti, aki a receptorok és az idegrendszer modern fiziológiájában kellően elmélyedt, és főként az ún. idegrendszeri kódolás problémáival megismerkedett.

Most még foglalkozni akarunk egy másik mozzanattal az organizmus és a környezet viszonyában, mely bizonyos fokig ütközik a fenti, kiterjesztett halmazelméleti követelmény megvalósulásával. Az a fénysugáregyüttes, mely pl. a közeledő ellenségről vagy akár tárgyról az állat látóapparátusába érkezik, minden esetben feltétlenül jelző inger, és elengedhetetlenül szükséges (az élet fenntartása érdekében), hogy valamilyen menekülő vagy védekező reakciót hívjon elő. Más szóval: az ellenség vagy a sebesen mozgó tárgy közeledése feltétlenül valamilyen biológiailag releváns (negatív értelemben releváns) esemény antecedense. De ez nem szükségszerűen van így. *Sok esetben az adiafor hatásnak nem egyszer s mindenkorra rögzített tulajdonsága az, hogy egy biológiailag releváns esemény valamilyen antecedensétől származik-e vagy sem.* Ez a tulajdonsága megjelenhet, eltűnhet és visszatérhet. Két körülmény mértékadó. 1. Az organizmus bizonyos szükségleti állapota. Egyelőre nem definiáljuk pontosabban a „szükségállapotot”, mert az jelen fejtegetéseinkhez nem szükséges. Elegendő, ha egy példával megvilágítjuk. A szomjas állat környezetében víz van; a vízről visszavert és az állat látóapparátusába érkező fénysugarak nyilván — jelző ingerek. A víz jelenléte a környezetben antecedense egy (az organizmus segédletével) bekövetkező biológiailag releváns eseménynek: a víz bekerülésének a szervezetbe. De egészen más a helyzet, ha az állat nem szomjas, ha vízzel telített. Ez esetben a fénysugarak, melyek a környezetben levő vízről szemébe érkeznak, semmilyen jelentőséggel nem bírnak. A víz jelenléte ez esetben nem egy biológiailag releváns esemény kauzál-kondicionális antecedense (feltétele) többé.

Ugyanígy jelentőséggel esik latba a 2. körülmény. Erre már korábban is utaltunk. Maradjunk az ivás és a víz példájánál. A szomjas állat, amikor a környezetében levő vízről fénysugarak érkeznek a szemébe, odamegy a vízhez. De már a cselekvés megindulásakor a vízhez vezető útnak a lokomóció szempontjából

fontos mozzanatai — akadályok, terepformációk stb. — olyan környezeti mozzanatokká válnak, melyek most már biológiailag releváns események antecedensei — az állat beleütközhet az akadályba, beeshet a szakadékba, egyensúlyát vesztheti a talaj egyenetlenségei miatt, és hasonlók. Ezeknek előzőleg semmilyen jelentőségük nem volt. *Az állat minden lokomóciós művelete az addig jelentéktelen környezeti mozzanatok egész sorát avathatja fontos antecedensekké, s az azokról jövő ingerek egyszerűben jelző ingerekké válnak.*

Az adiafor hatások ilyen „átminősülése” (illetve a semleges ingerek „jelző ingerekké” válása) tehát az organizmusban magában rejlő, „saját” tényezőktől is függ. Ezek felfoghatók mint paraméterek, melyek az adiafor hatások további szerepét szabályozzák; e paraméterektől függően az adiafor hatások cselekvésmegindító (a vízről jövő fénysugarak) vagy cselekvésmódosító (a terepformációkról jövő ingerek) tényezőkké válnak. Később bizonyos elvi megállapításokhoz jutunk el arról, hogy a saját paramétereknek ez az átdetermináló szerepe konkrétan hogyan realizálódik.

Az eddigiek alapján azonban egy további megállapítást is tehetünk. Földi környezetünket elébb „mostohának” mondtuk, mert az adiafor hatások nem kizárólagosan a biológiailag releváns események „előhírnökei”; a környezet részei, tárgyai, mozzanatai megkülönböztetés nélkül szolgálnak ilyen hatásokat — függetlenül attól, hogy milyen viszonyban vannak az organizmusok életében maradásával. De az utolsó bekezdésekben foglaltak feljogosítanak arra, hogy ebben ne csak „mostohaságot” lássunk, hanem különleges lehetőséget, mely biológiailag hasznosítható. Úgy tűnik ugyanis, hogy általánosíthatunk: *elvben minden adiafor hatás — az organizmus valamilyen saját (szükségleti vagy cselekvési) állapota következtében — fontos „előhírnökké” válhat.* Az a tény tehát, hogy a környezet minden pontja (vagy részlete) — tekintet nélkül a benne élő organizmusok érdekeire és sorsára — adiafor hatásokat szolgáltató, és a receptorok (kényszerűen) minden őket érő adiafor hatást felvesznek, valójában csak növeli a fő követelmény megvalósulásának esélyeit: azok az adiafor hatások, melyek az adott konstellációban ténylegesen biológiailag releváns mozzanatoktól származnak, nem „sikkadnak el”, hanem (akárha



nagyszámú átmenetileg „felesleges” adiafor hatással együtt megjelennek, s a cselekvés adiafor vezérlését lehetővé teszik – feltevé természetesen, hogy az organizmus saját tényezői, a fenti paraméterek, az adiafor hatások szerepét megfelelően szabályozni és a fontos adiafor hatásokat „szelektálni” tudják.

Ugyanakkor – mintegy melléktermékként – bekövetkezik valami, aminek jelentősége szinte beláthatatlan: az *organizmus az adiafor hatások közvetítésével egyfajta totális és speciális (csak az állatra – a növényre nem – jellemző) viszonyba kerül környezetével*. Környezetének minden pontjából fényingerek érkeznek hozzá, de jöhetnek ugyanonnan levegőrezgések és áramló gázok is. Az állati organizmus, miközben helyét és helyzetét változtatja (s ez alapvető életformája), állandóan az adiafor hatások változó özönét fogadja, amely összekapcsolja és sajátos viszonyba állítja környezetének minden részével. Ennek a viszonyoknak világos felismerése előfeltétele további fejtegetéseink megértésének, melyek most már egyenesen a lelki jelenségnek, a pszichikusnak a lényegéhez és az állati életben vitt fundamentális szerepéhez vezetnek el.

## 16. Az adiafor hatások felvétele mint információ. Az érzékelés

A továbbiakhoz szükséges, hogy még néhány mozzanatot a bonyolult tényállásban tisztázzunk. Eddig azt mondtuk: a környezet minden pontjából legalábbis fényinger eljut az organizmushoz. A kifejezést „minden pontjából” élesebben és szigorúbban meg kell határoznunk. Valójában arról van szó, hogy az organizmushoz a környezet egy nagyobb szejletén belül *minden irányból* – a környezet egy-egy felületi pontjából – fény érkezik; ez a pont lehet 10 cm-nyire, de lehet 100 fényévnnyire. Mindazonáltal lehetnek – és mindig is vannak – a környezetnek olyan pontjai (és pedig végtelen sok), ahonnan nem érkeznek fényingerek (nem is beszélve a másik két eddigi tárgyalt ingerfélésegről). E kifejezésen „a környezet minden pontja” tehát a pontoknak bár végtelen nagy, de valójában kétdimenziós *felületi sokaságát* értjük.

Ugyancsak némi magyarázatra szorul a fenti fogalmazásban a „pont” szó. A fény sugarra valóban áll az, hogy meghatározott felületi pontból (vagy pontról) jön (és nagyjából független a többi

felületi pontból jövőktől), de az a fényinger, mely a biológiailag releváns események antecedenseitől származik, a legtöbb esetben — ahogy ezt az összes eddigi példáink demonstrálják — nem egyetlen fénysugár, illetve egyetlen pontból jövő fénysugár, hanem egy meghatározott *fénysugár-együttes*, mely valamiképpen különbözik és kiválik a környező fényinger-mezőből (diszkriminációs követelmény). Ez a fénysugáregyüttes a környező valóság bizonyos egységeitől — tárgyaitól, mezőrészletektől, terepformációktól stb. — származik. A fénysugáregyüttes saját „határain” belül is sajátos elrendeződést, „mintát” mutathat, mely végső soron az ingerelemek különbözőségeire vezethető vissza. Nagy általánosságban tehát *térileg elhatárolt és sajátos belső „mintájú” adiafor hatás egységek* azok, amelyek mint a biológiailag releváns események „előhírnökei” szerepelnek vagy szerepelhetnek (megfelelő szükségleti vagy cselekvési állapotban). A receptorok és az idegrendszer eleve úgy fejlődnek, hogy az ilyen adiafor hatás egységek együttesen hívhassák elő az éppen kívánatos cselekvést vagy cselekvésmódosítást. Hogy ez a teljesítmény milyen bonyolult szerkezetet és működési elveket kíván meg a receptoroktól és az idegrendszertől, azt talán csak a legújabb neurofiziológiai kutatásokból tudjuk (vagy helyesebben: sejtjük).

A bonyolódás egy másik vonalára is rá kell mutatnunk. Legtöbbször nem is egyetlen adiafor hatás egység, hanem azok hosszabb-rövidebb *idői szekvenciája* az, amely mint a biológiailag releváns események „előhírnöke” szerepel. Az „idői szekvencia” kifejezés nemcsak diszkrét egymásutániségot jelenthet, hanem *folytonos történést*, mozgást, változást. Különösen a tárgyak mozgásaiból származó adiafor hatásszekvencia az, amely az állati cselekvés determinációjában már a fejlődés legkorábbi szakaszaiban mint döntő tényező megjelenik. Egyébként ilyen ingertörténet — tér-idői ingerminta — az is, ami kiindulási példánkban a közeledő tárgy elől való kitérő reakciót kiváltja —, amint arra korábban is utaltunk. Az idői egységek jelentősége a hangingeretek esetében különösen nagy, sőt elsődleges; a hangingereteknek mindig van idői dimenziójuk — nemcsak időtartamuk, hanem legtöbbször belső idői elrendeződésük, mintájuk is. A következőkben tehát nemcsak (sőt legtöbbször nem) környezeti pontokról, hanem a környezet tárgyairól, részleteiről, mozzana-

tairól, a benne végbemenő folyamatokról, mozgásokról, változásokról, történésekről stb. fogunk beszélni.

Ezek után az organizmusnak és környezetének az a totális viszonya, melyre fent utaltunk, s amely az adiafor hatások által megvalósul, némileg más formában adható meg. Eddig viszonylag kevés figyelmet szenteltünk az idegrendszeri  $\eta$ -változók irreleváns eltolódásainak, melyeket az adiafor hatások felidéznek. Ezek tulajdonképpen: idegrendszeri folyamatok, melyek a receptor végkészülékéből indulnak ki és — a magasabb rendű állatoknál több neuronegységen át — a központi idegrendszer valamelyik állomásáig terjednek. Itt vagy átkapcsolódnak egy efferens idegrendszeri folyamatra (s végül előhívják valamilyen cselekvést), vagy nem. Hogy hol van adott esetben ez a végső állomás, elég hézagosan tudjuk — de ez további fejtegetéseink szempontjából nem is lényeges. Amit most kiemelünk, az a következő: *az adiafor hatások, a receptorfolyamatok és az azokból kiinduló ingerületek közvetítésével megvalósul az, hogy a környezet minden mozzanatához — pontjaihoz, tárgyaihoz, részleteihez, formációihoz, továbbá történéseihez, változásaihoz stb. — egy nagyobb körzeten belül — egy az egyhez viszonylatban hozzárendelődik egy meghatározott idegrendszeri történéés* (bizonyos fejlettségi fokon felül: történéés a központi idegrendszerben). Nevezzük ezt *reprezentatív idegrendszeri történéésnek*. Az egy az egyhez viszonylat kritériuma: *egyenlő környezeti mozzanatokhoz egyenlő, különbözőkhöz különböző reprezentatív idegrendszeri történéés rendelődik hozzá.*

Nagy súlyt helyezünk arra, hogy az olvasó a fenti meghatározásokat pontosan értse — ezért több ponthoz még rövid magyarázatot kell fűznünk. A „hozzárendelődik” kifejezést a matematikai fogalomrendszerben járatosak számára nem kell magyarázni. Mégis itt még rámutatunk arra, hogy egy absztrakt fogalomról van szó, melyet elvonatkoztatással nyertünk abból a tényleges, kauzálisan determinált összefüggésből, melynek lényege: ha „A” megjelenik, megjelenik a „B” is. Amitől elsősorban elvonatkozunk, az az, hogy milyen konkrét folyamat vagy egymást determináló folyamatok eredményeként jelenik meg a „B”, amikor az „A” felbukkan. Az absztrakció ennél sokkal tovább is mehet, amire itt szükségtelen kitérnünk.

Sajnos a látszólag nagyon világosan érthető „egyenlő” és

„különböző” szavakhoz is rövid magyarázatot kell fűznünk. A környezeti mozzanatok különbözőek lehetnek három tekintetben: 1. *Minőségileg*; általában ilyenkor beszélünk két *különböző* dolgról. 2. *Mennyiségileg* (intenzitásban, nagyságban, számban stb.); ilyenkor gyakran azt mondjuk: ugyanaz a dolog – csak nagyobb intenzitásban, nagyobb mennyiségben vagy számban. 3. *Helyileg*; ilyenkor általában a következő leírást használjuk: ugyanaz a dolog vagy egyenlő dolgok – csak *különböző* helyen. A hozzárendelődés mind a háromfajta *különbözősége*re állhat. Vagyis az egy az egyhez hozzárendelődés kritériumát így adhatjuk meg: *a környezet minőségileg, mennyiségileg vagy helyileg különböző, illetve egyenlő mozzanataihoz különböző, illetve egyenlő reprezentatív idegrendszeri folyamatok tartoznak.*

E részletesebb meghatározás nyomán felismerhetjük bizonyos félreértés lehetőségét, egy olyan félreértését, mely az idevonatkozó tudományos gondolkodás történetében szerepet is játszott. A hozzárendelődés fenti meghatározásában, mint láthatjuk, a reprezentatív idegrendszeri történésre vonatkozóan semmilyen megkötés nincsen. Vagyis pl. a mennyiségileg különböző környezeti mozzanatoknak nem szükségszerűen mennyiségileg különböző reprezentatív idegrendszeri folyamatok felelnek meg. Ez már a hozzárendelődést lebonyolító adiafor hatások és idegrendszeri folyamatokból is látható – pl. a nagyobb tárgynak nem okvetlenül felel meg nagyobb retinakép vagy kiterjedtebb neuronális „folyamatnyaláb”, mint a kisebb tárgynak, ha a kisebb tárgy jóval közelebb van a receptorhoz, mint a nagyobb. Nem is szólva arról, hogy az intenzívebb ingernek nem felel meg „intenzívebb” idegrendszeri történés. A félreértés különösen a helyi és téri jellegekre vonatkozóan öltött komoly méreteket: hosszú időn át uralta a pszichológusok és részben a neurofiziológusok szemléletét az ún. izomorfizmus, melynek az volt a lényege, hogy az idegrendszeri történés téri elrendeződése (főként vizuális területen) legalábbis nagyjából megfelel az ingeregüttes téri elrendeződésének. E szemlélet tarthatatlanságát a modern neurofiziológiai kutatás kimutatta. A hozzárendelődés meghatározásában a „különböző” és „egyenlő” jelzők tehát *minden további minősítés nélkül* szerepelnek.

Itt nem fejtjük ki, csak jelezzük (azok kedvéért, akik esetleg máris látják), hogy a hozzárendelés kritériumának két pontja — az egyik: különbözőhöz különböző, a másik: egyenlőhöz egyenlő — nem teljesen egyforma jelentőségű az organizmus szempontjából. Megvalósulásuk feltételei és lehetőségei sok tekintetben mások.

És végül még egy szóhoz, melyet a hozzárendelés meghatározásában használtunk, kiegészítő megjegyzést kell fűznünk. Azt mondtuk, hogy „minden” környezeti mozzanathoz hozzárendelődik egy reprezentatív idegrendszeri történéés. A „minden” szót kissé könnyelműen használtuk — főleg azért, hogy a meghatározást ne terheljük túl a lényegét nem érintő korlátozásokkal, és egyszerűvé és áttekinthetővé tegyük. Az organizmusok azonban — még az emberé is — messze vannak attól, hogy idegrendszerükben a környezet „minden” mozzanatához a fenti módon valami hozzárendelődjék. Valójában csak *a környezeti mozzanatok egy kisebb vagy nagyobb sokféleségéhez* rendelődik hozzá — megközelítően egy az egyhez hozzárendeléses viszonyban — a reprezentatív idegrendszeri folyamatok sokfélesége. Az abszolutizáló jelzőt mégis némileg jogosultan használtuk — két okból: 1. az egyik, eddig ismertetet adiafor hatás (fény) természete olyan, hogy — legalábbis egy nagyobb körzeten belül — a környezetnek minden pontjából (bizonyos fent már leírt feltételek mellett) kiindul és eléri a receptort. Ez mindenesetre szükséges, ha nem is elégséges feltétele a totális hozzárendelésnek. 2. A törzsfejlődés egyik iránya az, hogy adiafor hatások, receptorfolyamatok és idegrendszeri történéések segítségével a környezetnek egyre nagyobb számú mozzanatához (nemcsak felületi pontjaihoz) rendelődjék hozzá valamilyen specifikus reprezentatív idegrendszeri folyamat. Ebben a könyvben már nem kerülhet sor arra, hogy ezt a fejlődést, mely az embernél éri el csúcspontját, nyomon követhessük.

A hozzárendeléssel kapcsolatban egy helytelen értelmezés közelfekvő; ezért külön rámutatunk. A hozzárendelés konkrét megvalósulását sohasem szabad a következő szimpla módon elképzelni: az illető környezeti mozzanat, mint ok vagy feltétel,

megindít egy adiafor történést (ingert), mely érzékszervi és idegrendszeri folyamatokban folytatódik és végül felidéri a reprezentatív idegrendszeri folyamatot. Ez valójában sohasem történik ilyen egyszerűen. Így az egy az egyhez hozzárendeléses viszony legtöbb esetben nem valósulhatna meg. Ennek részletes bizonyítására itt nem térünk ki, csak megvilágítjuk egy példán. Azt, hogy egy környezeti mozzanathoz, pl. egy tárgy színéhez hozzárendelődjék a reprezentatív idegrendszeri folyamat (mely, mint hamarosan kifejtjük, a szín érzékelésének alapja), nem elegendő, hogy a tárgy színe által meghatározott, vagyis csupán a tárgy felületéről visszavert fény érkezzék a látóapparátusba; szükséges, hogy más mozzanatoktól, pl. a tárgy környezetéből származó fényingerek is hassanak (melyek tudvalevően a mindenkori megvilágítást jelzik). Ezeknek az ingerhatásoknak is hozzá kell járulniuk a reprezentatív folyamat végső meghatározásához. Vagyis: soha sincs szó egy izolált „történesszárlóról”, mely a környezeti mozzanattól indul ki, és a reprezentatív idegrendszeri folyamatig terjed (ahogyan ezt az alaklélektan hívei szerint a pszichológusok zöme egy időben gondolta – mindenestre a nélkül, hogy erre külön ráeszméltek volna: „konstanciafeltevés”). A hozzárendelődés mint konkrét történes úgyszólván mindig nagyon sokrétű és külön kutatás tárgya.

Az előző fejezetben néhány képletes kifejezést használtunk; azt mondtuk: az adiafor hatások „előhírnökök”, a környezeti mozzanatok „hírt adnak magukról”. Az olvasó észrevehette, hogy lehetőség szerint kerüljük a képletes leírást – itt-ott vállalva az ebből származó stílári nehézkességet és színtelenséget. De most bejelentjük, hogy a fenti kifejezések használatával sem tértünk el túlságosan a szigorú fogalmazás elvétől. Ha ugyanis a tárgyalt hozzárendeléses viszonyt közelebbről szemléljük, megállapíthatjuk, hogy az tulajdonképpen egy *információs viszony az organizmus és környezete között* – a szónak abban az értelmében, amelyben azt az információelmélet használja. Az információs viszony megállapításánál két mozzanat döntő. Az egyik a *reprezentáció*. Amit fent reprezentatív idegrendszeri folyamatnak neveztünk, valójában a reprezentáció egy konkrét formája – pontosan abban az értelemben, ahogyan azt az információelmélet meghatározza: vala-

milyen struktúra, akár konkrét, akár absztrakt, amelynek jegyei valamilyen megfelelőes viszonyban vannak egy más struktúra jegyeivel (MAC KAY, D. M., 1969). Az információs viszony másik lényeges jegye: egy az egyhez (vagy megközelítően egy az egyhez) *hozzárendeléses viszony sokféleségek között* — és pedig a „hírek” sokfélesége és az információk sokfélesége között. A „hírek” a mi esetünkben a környezeti mozzanatok, a reprezentált struktúrák, az információk a reprezentatív idegrendszeri folyamatok. Az információs viszony nem tartalmaz semmilyen megszorítást arra nézve, hogy pl. mi az eredete vagy jelentősége annak, amiről az információt kapjuk, sem arra nézve, hogy milyen további következménnyel jár ennek az információnak a vétele, pl. milyen cselekvésre készíti azt, aki az információt kapja. Az érme feldobásánál információt kapunk arról, hogy az eredmény „fej” vagy „írás” — az információ szempontjából teljesen irreleváns, hogy hogyan került éppen a „fej” felülre, s ez valami továbbinak, pl. valamilyen biológiailag releváns eseménynek szükségszerű antecedense-e vagy sem. Az is teljesen irreleváns, hogy az információnak mi a következménye — az-e, hogy eldöntse, ki kezd a sakkjátékban, vagy az, hogy eldöntse, ki legyen öngyilkos (pl. az ún. amerikai párbajban).

Az információfogalom tudományos kialakításánál az eredettel és a következményekkel kapcsolatos megszorítások lehetőségére természetesen nem is utalnak. Az általunk tárgyalt hozzárendeléses viszonynál azonban a kialakulás fontos mozzanata az, hogy az eredetileg meghatározó jelentőségű biológiai vonatkozások funkcionálisan elkülönülnek és fogalmilag mintegy „kiszorulnak”: *információt kapunk a környezeti mozzanatokról — függetlenül attól, hogy azok az adott szituációban valamilyen biológiailag releváns esemény antecedensei-e, vagy nem, és függetlenül attól is, hogy ez az információ valamire „szolgál-e”, pl. előhív-e valamilyen organikus intézkedést (cselekvést), vagy nem.*

Amit külön nagy nyomatékkal kiemelünk, az az, hogy az adiafor hatások filogenetikusan elsődleges funkciója — a jelző funkció — gyökeresen átalakul. Az adiafor hatás eredetileg „jelzi” egy biológiailag releváns esemény bekövetkezését (annak az eseménynek a bekövetkezését, amelynek kauzál-kondicionális antecedenseitől származik), és „jelt ad” valamilyen reakcióra vagy cselekvésre, mely a biológiailag releváns eseménynek — elhárítólag vagy elő-

segítőleg — elébevág. Ezek a kauzális vonatkozások — mind az eredet, mind a következmény irányába — funkcionálisan fokozatosan elkülönülnek; az adiafor hatások végül „csak” informálják az organizmust a környezet különböző mozzanatairól, amennyiben közvetítésükkel egy specifikus, reprezentatív idegrendszeri történés rendelődik hozzá a környezet mozzanataihoz. *Az átmenet a jelző funkcióról az információs funkcióra — a fejlődés ugrópontja. Amikor ugyanis ez az átmenet bekövetkezik, az állati életben megjelenik a lelki, a pszichikus jelenség. Az állat, amikor a fenti módon információt kap a környezetéről — érzel.*

Már most elébevágunk egy lehetséges félreértésnek. Az információs viszony fent jellemzett „függetlenné válása” és az érzékelés megjelenése nem jelenti az adiafor determinációs szkéma ősi biológiai rendeltetésétől való eltérést. Az információnak végső biológiai funkciója éppúgy a cselekvés irányítása, mint a jelzésé. Kialakulása nélkül értelmetlen volna. Az információs viszonyra való áttérés alapja — ezt újra leszögezzük — az a tény, hogy minden környezeti mozzanat, mely adiafor folyamatot küld az organizmushoz, s amelyről így idegrendszeri információt kapunk, elvben („adott esetben”) valamilyen biológiailag releváns esemény kauzál-kondicionális antecedensévé válhat (vagy ez a jellege „kiderülhet”), és így minden információ ugyancsak elvben befolyhat a cselekvés determinációjába. Az információs funkcióra való áttérés valójában a cselekvés adiafor determinációjának ugrásszerű tökéletesedését jelenti, mert a potenciális irányító mozzanatok is adva vannak, és felhasználásra készen állnak. A cselekvésirányító hatékonyság mint lehetőség az organizmikus információ lényeges aspektusa (lásd ehhez KLIX, F., 1972).

## **17. A mechanikus környezeti hatások és az adiafor determináció**

Végső megállapításunk talán elsietettnek látszik, ha arra gondolunk, hogy eddigi fejtegetéseink legfeljebb három érzékleti modalitást érintenek: az állat az optikai adiafor hatások közvetítésével



„látja” a tárgyakat (azok színét, nagyságát, formáját, helyét, mozgását stb.), a levegőrezgések közvetítésével „hallja” a tárgyakat (pl. a közeledő ellenséget vagy fajtársat), az áramló gázok közvetítésével ugyanezeket „szagolja”. De az érzékelés jelenségeköre több más modalitást is felölel. Eddig valójában csak az ún. *telereceptorok* működéséig jutottunk el.

Az elnevezés „telereceptor” (vagy ahogy még SHERRINGTON nevezte „távolsági receptor” — „distance receptor”) egy fontos mozzanatot foglal magába, melyet most külön kiemelünk. Az adiafor hatások közvetítésével „érezelt” környezetre, pontosabban: arra a környezetre, mely eddigi fejtegetéseinkben szerepelt, jellemző, hogy bár „körülveszi” az organizmust, közvetlenül fizikailag nem éri el; a látott, hallott és szagolt tárgyak *bizonyos távolságban* vannak az organizmustól. Ez a nagyon variábilis távolság szükségszerűen adódott azoknak a szituációknak a természetéből, melyekben az adiafor determinációt elsődlegesen tanulmányoztuk: az adiafor determináció funkciója ugyanis éppen az volt, hogy az organizmus — elhárítóan vagy előmozdítóan — elébevéghasson a fizikai érintkezésnek az így érzékelt tárgyakkal, elkerülje, vagy megfelelően módosítsa a velük való összeütközést, vagy éppen elérje őket (és pl. bekebelezze).

Mindenesetre az is „környezet”, ami a látott, szagolt, hallott tárgyak és az organizmus között van (vagy játszódik le), így pl. maguk az adiafor folyamatok, az inger. De az érzékelés alapját képező információs viszony természetéből folyik, hogy a *közvetítő folyamatok* (fény sugar, levegőrezgés, áramló gázok és azok közvetlen hatásai) *maguk nem* (vagy nem okvetlenül) az *információ tárgyai*. Ez pszichológiailag abban a nevezetes és kellőképp csak újabban hangsúlyozott tényben mutatkozik meg, hogy maguk az ingerfolyamatok nem érzékelhetők: nem látunk fényt, nem hallunk levegőrezgést, nem szagolunk illanó olajokat — és nem érzékeljük azok közvetlen hatását sem a receptorra. Egyfajta „adiafor úr” van az organizmus és ama tárgyi világ között, melyről a látás, hallás és szaglás útján nyerünk információt.

(Ne tévesszen meg senkit az, hogy minden műveltebb ember „tud” az adiafor úrban végbemenő folyamatokról; „tudja”, hogy a tárgyakat a róluk jövő fény segítségével látja, hogy a

másik ember beszédét az általa felidézett levegrőrezgések segítségével hallja, a rózsa illatát az arról felszálló illanó olajok közvetítésével szagolja. De a „tudás” egészen másfajta viszony a külvilággal, mint az érzékelés, jóllehet eredetileg az érzékelésre épül. — Fejtegetéseink szempontjából az sem döntő, hogy — különösen a szaglás területén — vannak „gazdátlan” érzékletek, pl. csak rossz szagot érzünk, s nem valaminek a szagát; de ezekben az esetekben sincs szó az „ingereknek” — a fénynek, a levegrőrezgésnek, az orrba érkező gázoknak — az érzékeléséről. Minderről az idevágó pszichológiai irodalomban részletesen olvashatunk.)

A tárgyakkal való közvetlen érintkezés eddigi vizsgálatainkban olyan eseményként szerepelt, amelynél az organizmust biológiailag releváns hatások érik; ezért az állat telereceptorai segítségével az érintkezést elkerülte (pl. az összeütközést a gyorsan mozgó tárggyal, találkozást az ellenséggel), vagy éppen előmozdította, sőt felidézte (érintkezés a talajjal, a közeggel a lokomóció érdekében, a táplálék, a másnemű fajtárs elérése, és hasonló). Nyilvánvaló azonban, hogy van — sőt az állat életében gyakori — az olyan érintkezés, amelynél csak irreleváns hatások érik az organizmust. Pl. a lassan mozgó állat hozzáér egy tárgyhoz; az ilyenkor előálló mechanikus (nyomás-) hatások bizonyos erősségen alul biológiailag irrelevánsak, az  $\eta$ -változók az optimális tartományon belül maradnak. Elvben odáig redukálódhatnak, hogy adiafor jellegűekké válnak, vagyis hatásuk nem éri el az  $\eta$ -változókat. Lehetnek ezeknek az adiafor hatásoknak valamilyen szerepük az adiafor determinációban? Konkrétabban: olyan természetűek-e — legalábbis elvben —, hogy „előhírnökei” lehetnek biológiailag releváns eseményeknek, vagy jelezhetnek feltételeket, melyek között ilyen események bekövetkeznek — s így jeladasként szerepelhetnek organikus intézkedések számára, melyek a biológiailag releváns eseményeknek — elhárítóan vagy előmozdítóan (vagy, ha szabad így mondanunk, „előidézően”) — elébevágznak? Ha ugyanis ez plauzibilissé tehető, akkor a további fejlődés is természetes: az „előhírnökből” és a „jeladásból” — „információ” lesz, vagyis ezeknek az adiafor hatásoknak a felvétele is állandó funkcióvá válik — tekintet nélkül arra, hogy „pillanatnyilag” valami

később bekövetkezőt „jeleznek”, vagy valamilyen cselekvésre „jelt adnak”.

A tárgyakkal való közvetlen érintkezésnek, ahogyan erre már korábban rámutattunk, két formája van, melyeknek biológiai jelentősége különböző, s amelyeket külön kell tárgyalnunk. *Az egyik forma: az az érintkezés, melyet maga az organizmus kezdeményez.* Az organizmus mozog, és mozgása közben elér, hozzáér, hozzáütközik valamihez. A felületen (akár a talajon, akár a tengerfenéken, akár valamilyen tárgyon — faágon, más állaton) mozgó állatok lokomóciójuk közben végtagjaikkal szükségképpen érintkezésbe lépnek e felülettel, s arra nyomást gyakorolnak. Ugyancsak szükségszerű a tárgyakkal való érintkezés a manipulációs cselekvés során — különösen az embernél. Továbbá: cselekvése közben — helyesebben annak eredményeként — érintkezésbe kerül az organizmus a tárgyak egy másik típusával: a táplálékkal. Ez az érintkezés a fejlődés során mindinkább meghatározott testfelületi részekre, a szájnylás környékére és a szájúreget kibélelő vagy annak függelékeit, főként a nyelvet borító nyálkahártyákra korlátozódik. Mindezeknél az érintkezéseknél különböző nyomás-, hő- és kémiai hatások érhetik az organizmust.

A tárgyakkal való ilyen érintkezés, mint mondtuk, a cselekvés eredményeként következik be. De ennél többet is mondhatunk róla: *ez az érintkezés a cselekvés biológiai funkciójához hozzátartozik.* Korábban meghatároztuk a lokomóció irányítottágát: a tárgyról jövő adiafor hatások a mozgást olyan módon determinálják, hogy már megindulásakor ráirányul a tárgyra (a terepformációra vagy a táplálékra). Az érintkezés tehát biológiailag determinált. *De a cselekvés eredményeként olyan érintkezés is előállhat a tárgyakkal, mely, ha szabad így mondanunk, nincs benne a cselekvés „programjában”.* Az állat teste — vagy végtagjai — hozzáérhetnek valamilyen környezeti tárgyhöz, akár elkerülhetetlenül (pl. egy szűk nyíláson kell keresztül mennie), akár véletlenül (pl. rossz látási viszonyok között beleütközik valamibe). Ez esetben is sor kerülhet a testét érő mechanikus hatásokra. Ezek lehetnek biológiailag negatív értelemben relevánsak (pl. hozzáérés egy szűrő tárgyhöz), vagy irrelevánsak (pl. csak a kültakaró jelentéktelen deformációját okozzák). De redukálódhatnak adiafor jellegűvé is. Az ilyen „programon kívüli” érintkezések

lehetősége elég nagy; elkerülésük gyakran a kitűnő távvezérlő érzékelő berendezkedések ellenére sem sikerül.

A második forma: *valamilyen mozgó tárgy – az organizmus viselkedésétől teljesen függetlenül – eléri a testfelületet és arra nyomást gyakorol.* Valójában mindjárt első példánkban ilyesmiről volt szó: a sebesen mozgó tárgy beleütközik az organizmusba (ha az előbb a mozgás pályájából ki nem lép). Az itt fellépő mechanikus hatás (amennyiben tényleg bekövetkezik) biológiailag végtelenül releváns. De természetesen a legkülönbözőbb tömegű, súlyú, formájú és a legkülönbözőbb sebességgel mozgó testek érhetik el az organizmust, s gyakorolhatnak nyomást rá. A nyomás lehet biológiailag irreleváns: pl. esőcseppek esnek az állatra, falevél hull rá, kis kődarab gurul feléje és meglöki, egy nála jóval kisebb méretű állat (pl. rovar) mászik vagy ereszkedik le rá és hasonlók. Ezek a hatások is – az előbb tárgyaltak analógiájára – redukálódhatnak adiafor jellegűvé, melyek csak speciális berendezkedések közvetítésével tevéődhetnek át irreleváns hatásokba (idegrendszeri  $\eta$ -változók eltolódásaiba).

Itt rá kell eszmélnünk valamire, ami az adiafor hatások jelző és információs funkcióját mélyebben érinti. A biológiailag releváns hatásoknak messze legnagyobb része a környezet (élő vagy élettelen) anyagaival és tárgyaival való közvetlen érintkezésnél áll elő. Nem véletlen, hogy, mint fent mondtuk, ez az érintkezés eddigi vizsgálatainkban olyan eseményként szerepelt, amelynél az organizmust biológiailag releváns hatások érik. Távhatások jóval ritkábban és inkább csak extrém változatban bizonyulnak biológiailag releváns hatásnak. Így negatív értelemben: túl erős vagy a látható spektrumon kívüli fény, káros erősségű vagy magasságú hang, káros hatású (mérgező) gázok; pozitív értelemben: jótékony fényhatás (állítólag a retinán keresztül is), jótékony levegőrezgés (ha egyáltalában ilyen létezik), jótékony gáznemű anyagok (?). (Újabbban a föld légköréből kilépő ember találkozik károsító távhatásokkal, főképpen ún. kozmikus sugárzásokkal, de ezektől az állatok földi életszintjében a légkör véd.) Nagyjából az ellenkezője áll a kontakthatásokra: *az általános eset az, hogy ilyenkor biológiailag releváns hatások lépnek fel.* Ennek megfelelően az a különös, de alapjában véve logikus tendencia alakul ki a fejlődés során, hogy *az organizmus a környezettel minden olyan kontaktust,*

*mely nem pozitívan releváns* (pl. nem olyan, amelynek megvalósulására cselekvése éppen irányul), *még ha pillanatnyilag irreleváns is, generálisan elutasítson*. Képletesen azt mondhatjuk: az organizmus számára minden „programon kívüli” vagy rákényszerített érintkezés a környezettel — legalábbis „gyanús”, egyfajta „veszélyhelyzet”, melyben valamilyen károsodás lehetősége rejlik — ugyanúgy, mint amikor a sebesen mozgó tárgy közeledik az organizmus felé. Az „elutasítás” teljesen analóg a közeledő tárgy pályájából való kilépéssel: az *állat úgy viselkedik, hogy a tárggyal való érintkezés megszűnjék*, pl. elhúzódik, elrántja az érintett végtagot vagy testrészt. Így is mondhatjuk (egy korábban kialakított fogalmat használva): *visszavonul az „adiafor ürbe”*, amely elválasztja környezetétől, s amelyben csak (nagy általánosságban) ártalmatlan, de ugyanakkor információt nyújtó távhatások érik. *Az organizmus számára az adiafor ür — biztonságos kiindulási hely; innen jól vezérelt cselekvéssel kitérhet a veszélyes kontaktus elől, vagy éppen megteremtheti azt, amikor kívánatos*. (Természetesen az utóbbi esetben az érintkezést nemcsak megteremti, hanem azt adott esetben további megfelelő cselekvéssel fenntartani is igyekszik — pl. a primitív állatoknál ismert ún. tigmotaxis.)

A kérdést, hogy mi az, ami az elutasító viselkedést kiváltja, aligha kell feltennünk. Nyilvánvalóan azok az irreleváns — vagy adiafor — mechanikus hatások, melyek az érintkezésnél előállnak. Mielőtt természetüket közelebből megvizsgáljuk, kiemeljük a következőt: ezek a hatások valójában nem jeleznek semmit, legalábbis nem a „jelzésnek” abban a szigorú értelmében, ahogyan azt korábban meghatároztuk; nem előznek meg egy konkrét biológiailag releváns eseményt (mint pl. a közeledő tárgyról az organizmus felé irányuló fénysugarak). Sem a sebesen közeledő szilárd test, sem az ellenség nem „jelenti be” az imminens összeütközést, illetve a végzetes „megragadást” — azzal, hogy előbb gyengéden megérinti az organizmus felületét. Itt csak *valószínűségre épülő veszélyhelyzet* áll fenn. A fellépő és az elutasító viselkedést kiváltó hatások nem előznek meg, mint eredeti skémánkban, fizikai törvényszerűségek alapján valamilyen biológiailag releváns (káros) hatást, csak *informálnak* a veszélyhelyzetről. Természetesen sokszor halljuk, hogy ez vagy az a veszély „jelzése” — de ez a fogalmazás a „jelzés” és az „információ” pontos fogalmi

meghatározása szerint nem megfelelő. Mindenesetre ezen a ponton lép be az adiafor determinációba *a sztochasztikus mozzanat: a konkrét bekövetkezés helyett a valószínű bekövetkezés „megelőzése”*.

Mint fent mondtuk, az elutasító viselkedést az érintkezésnél fellépő irreleváns vagy adiafor hatások hívják elő. (Az elutasító viselkedés nem azonos a „védekező” reakcióval; az utóbbinál az organizmust már releváns hatás — károsodás éri.) Természetesen minden, mégoly kisméretű mechanikus hatásra — nyomásra — a bőrfelület valamilyen deformációja következik be. Ez bizonyos határon belül kétségtelenül irreleváns, a szövetekben végbemenő folyamatokban fennakadást nem okoz, s a deformáció a nyomáshatás megszűnte után könnyen regenerálódik. Úgy tűnhetik, hogy itt a megkülönböztetés — irreleváns vagy adiafor — tárgyaltalan. A hatás mindenképpen áttevődik idegrendszeri történésebe, s így folyik be a viselkedés determinációjába. Mégis bizonyos összehasonlító morfológiai és fejlődéstörténeti tények mást sugalmaznak. Már a törzsfajlás kezdetén, az egysejtű csillósoknál (Ciliata) megjelennek képződmények, melyek ugyan eredetileg primitív mozgásszervek, de később minden jel szerint — legalábbis egy részük — olyan funkcióra vált át, mely a szervezetet érő mechanikus hatásokkal kapcsolatos. A csillók (valójában az egész osztály jellegzetes morfológiai jegye) kis szőrszálszerű nyúlványok a sejtest felületén, melyek általában szabályos körökben, ún. délkörökben helyezkednek el. Belső indítékra „rengő” mozgást végeznek (együttes mozgásukat a biológusok gyakran hasonlítják a szélborzolta búzamezők rengő mozgásához), mely a testet a vízben rendszerint csavarmenetben viszi tovább. Egyes ilyen csillók azonban merevekké válnak, és csak külső mechanikus hatásra dőlnek vagy hajlanak meg. Funkciójuk nyilván a mechanikus hatások felvétele. Két mozzanat a képződmény szerkezetéből folyik. 1. A mechanikus hatást nem mindjárt a tulajdonképpeni testfelület, hanem attól kicsit távolabb, a nyúlvány „disztális” vége fogja fel. Ez egyúttal azt jelenti, hogy a mechanikus hatást, mely a tulajdonképpeni testfelületet éri — ha csak nagyon kicsit is — *megelőzi* a disztális végre gyakorolt nyomás. (A biológusok már itt gyakran „távtapintásról” beszélnek.) 2. A kezdeti hatás viszonylag kis terjedelmű, a nyúlvány csúcsára vagy annak tájé-

kára korlátozódik, és csak a nyúlványt deformálja (elhajlítja). Hasonló deformáció eredetileg belső indítékra a lokomóció érdekében történt — szigorú értelemben valamilyen etológiai  $\eta$ -változó eltolódása, s így már eleve abszolút irreleváns. Két tendencia látszik tehát már ebben az egyszerű képződményben érvényesülni: az egyik az, hogy *a szervezet a mechanikus hatást minél korábban, még a nagyobb terjedelemre való kiterjedés előtt felfogja*, a másik az, hogy *azt lehetőség szerint redukálja*. A mi fogalomrendszerünkre áttérve ez a két tendencia nagyjából így értelmezhető: a berendezkedés a mechanikus hatást egyrészt „jelzésszerűbbé” teszi (minthogy az szükségszerűen megelőzi az utána következő nagyobb mérvű érintkezést), másrészt *a hatás erősségét az adiafor nagyságrend felé eltolja*; így is mondhatjuk „adiaforizálja”. Majd látni fogjuk, hogy ez az adiaforizálási tendencia a mechanikus hatásoknál még hatékonyabban is érvényesül.

Azok a primer érzékszervek, melyek a mechanikus hatásokat a legtöbb gerinctelennél (sőt még a gerinchúros Branchiostománál is) felveszik, általában ilyen kis, az egysejtűek csillóira emlékeztető nyúlványokkal (érezkszőrökkel) rendelkeznek,\* és az egész testfelületen különböző sűrűségben található. A szőrnyúlványos érzékszert valójában minden mechanoreceptor ősfarmája. Később, amikor a törzsfejlődés során különböző kültakaró-formák jelennek meg — kutikula, kitinpáncél, pikkely, tollazat, szőrzet, elszarusodott felhám stb. — a két fenti tendencia is különböző módon érvényesül. A kültakarót vagy áttörik bizonyos tapintó nyúlványok (pl. a rovaroknál a kitintakarót), vagy az integumentum képződményei, a szőrök, a tollak, a pikkelyek, szolgálnak mint ilyen előretolt tapintó készülékek. A mechanikus hatást először ezek fogják fel, s mint finom emelők továbbítják az epidermisben levő érzékszervekhez vagy azok nyúlványaihoz (pl. a szőrök beékelődési helyénél levő idegvégződésekhez). A telerecepciós jelleg adott esetben még

\* A nagyfokú hasonlóságot a csillós sejtek mechanikus ingerlékenysége és a szőrsejtek működése között az újabb vizsgálatok csak megerősítették (Flock, A., 1971, 426.).

kifejezettebbé válik: egyes ilyen testborító képződmények különlegesen meghosszabbodnak úgy, hogy a tárggyal való érintkezés a testfelülettől jóval messzebb kerül, s a nyomás onnan továbbtődik a testfelülethez. Ilyenek pl. a tapogatók (tentacula) vagy a vibrisszák. Hasonló tapintási „távérzékelő” berendezéseknek tekinthetők pl. a rovarok antennái — bár ezek nem a kültakaró képződményei, hanem valószínűleg nem egyebek, mint külön erre a célra átalakult, a lokomóció műveletéből kivont, és megfelelő (legtöbbször nemcsak tapintást, hanem szaglást is szolgáló) idegvégződésekkel vagy végkészülékekkel ellátott végtagok.

A különböző kültakaró-formák megjelenésével a helyzet más szempontból is megváltozik. E formák alapfunkciójuknál fogva a mechanikus hatásokat felfogják, úgy, hogy azok csak erősen redukálva juthatnak el a belsőbb és biológiailag fontosabb rétegekig. Az érzékszervek „szőrei”, melyek még pl. a csalánozóknál az epitheliumból a szabadba kinyúlnak, a fejlettebb fajoknál a kutikula alá kerülnek. Így a mechanikus hatások már eleve tompítva jutnak el hozzájuk. A szőrszálnyúlványok helyett később idegrostvégzések kerülnek az epidermisbe a tompított nyomás felvételére. A törzsféjlődés későbbi szakaszában feltehetően a tompításnak ez a fokozata sem elég; megjelennek tapintó testecskék — a legkülönbözőbb formában —, melyek valójában több rétegű lamellás burkok az idegvégződés körül, s amelyek a mélyebb rétegekben, a coriumban és a szubkután szövetekben találhatóak. Bár sok vita folyt a lamellás burok funkciójáról (különösen a Vater—Pacini-féle testecskékkel kapcsolatban), mi arra az egyébként is elég általános felfogásra hajlunk, hogy azok nyomástompító „párnák” („Druckpolster”) szerepét töltik be. Ezért vannak éppen a Vater—Pacini-féle testecskék nagyobb számban ott, ahol természetes módon a végtagok mozgásából kifolyólag nagyobb nyomásnak vannak kitéve, pl. az ízületek flexiós oldalán levő szubkután szövetben. (Sok más helyen is találhatóak — erről később.) Annyi bizonyos — újabb igen gondos vizsgálatok alapján (LOEWENSTEIN, W. és munkatársai, 1959) —, hogy a mechanikus hatásnak idegimpulzusba való átalakításában a buroknak nincs szerepe; csak közvetíti a nyomást az idegvégződéshez (véleményünk



szerint erősen tompítva; bár különös és számunkra érthetetlen módon olyan nézet is felmerült, hogy éppen felerősítik a mechanikus hatást).

Ez a nagyon vázlatos, a tényleges fejlődést a maga „cikkakkjaival” — visszakanyarodásaival, előreszaladásaival, oldalújtjaival — távolról sem érzékeltető leírás csak a számunkra fontos „adiaforizálási” tendencia érvényesülését akarta bemutatni. A többsejtű organizmus egyre inkább úgy rendezkedik be, hogy a mechanikus hatások (valójában az élet fő veszélyei) ellen védőrétegeket képez ki testfelületén — de úgy, hogy *meghagy egy erősen redukált „nyomás-reziduumot”*, mely önmagában jelentéktelen, s csak az érzéksejtekre, azok előretolt nyúlványaira vagy végkészülékeire hat. Vagyis: *kivédi a biológiailag releváns hatást, de meghagy belőle egy adiafor maradékot — az információ céljára.* Ezt a különleges alakulást csak kiemeli az, hogy a törzsfajlás során, már korai szakaszokban — mintegy kísérletképpen — kiképeződnek olyan védőburkok is, melyek a mechanikus hatást úgyszólván teljesen felfogják, s nem hagynak semmilyen hatásreziduumot, ilyenek a különböző merev „házak” (pl. csigaház), kagylók, teknők stb. De ezek nem „válnak be” — a másik védő berendezkedés, mely *adiafor hatásreziduumot* biztosít az információ számára, viszi el a pálmát a versenyben és fejlődik tovább. Az organizmusok tehát a „statikus védekezésről” (közbeiktatott merev barrierék segítségével) teljesen áttérnek az „aktív védelem” formájára (kiterő, menekülő vagy feltartóztató, megelőző viselkedéssel, melyet az információ — már a mechanikus hatás bekövetkezése előtt is — vezérel). Itt utalhatunk ASHBY szemléletes fejtegetéseire, melyekben a „vívó” védekezési formáját a statikus blokád által való védekezéssel (éppen a teknősbékát hozza fel példának) állítja szembe (ASHBY, W. R., magyar kiadás, 1972, 238. o.).

A korábban tárgyalt adiafor hatásoknál — fény, levegőrezgés, áramló gáznemű anyagok — ilyen „adiaforizálási” tendenciával nem találkoztunk. Ott a szervezetet érő hatások eleve adiafor jellegűek voltak, az organizmusnak kellett megfelelően érzékeny felvevő apparátust, átalakító és felerősítő rendszert kiképezni azok számára; itt viszont magának az organizmusnak kell gondoskodnia, hogy az eleve nagyobb intenzitású mechanikus hatások

messzemenően letompuljanak — még az irrelevancia határain túl is — hogy az érzékeny idegvégződésekben idegimpulzust keltsenek. Így adódik, hogy viszonylag erős mechanikus hatások is (melyek a bőrfelület látható deformációját idézik elő) mint tapintási ingerek szerepelhetnek. Az inger „erősségének” megállapításánál mindenesetre ügyelnünk kell bizonyos különbségre: arra a mechanikus hatásra gondolunk-e, mely a bőrfelületet éri, vagy pedig arra a kültakaró rétegei és adott esetben a tapintó végkészülékek lamellás védőburka által letompított nyomáshatásra, mely az érző idegvégződést végül is eléri. Tulajdonképpen ez az utóbbi az inger, noha a tapintási ingerek vizsgálatánál és mérésénél az előbbit veszik tekintetbe (az utóbbi nem is nagyon hozzáférhető a mérés számára). Ilyen értelemben tehát igaza van SZENTÁGOTHAINAK, amikor azt mondja: „Általános elv, hogy az inger fizikai energiatartalma és az általa keltett fiziológiai ingerület energiatartalma között nincs általános érvényű összefüggés.” Majd miután rámutat arra, hogy a látásnál egyetlen kvantumnyi fényenergia (egy foton) elegendő, hogy a homályra adaptált pálcikákban az ingerületet megindítsa, megjegyzi, hogy ezzel szemben „sok receptort (pl. a mechanoreceptorokat) csupán jelentékeny mechanikai hatások hoznak ingerületbe, melyekhez képest az erről információt hordozó idegi ingerületi hullám energiatartalma jelentéktelen”. (SZENTÁGOTHAI, J., 1971, 1279. o.). Az idézetben csak a „csupán” szócska használatát kifogásoljuk.

Az adiafor mechanikus maradékhatások, mint mondtuk, a környezettel való érintkezésről mint sajátos „veszélyhelyzetről” nyújtanak információt. De túl ezen nyilván arról is, hogy *az érintkezés a testfelület mely pontján vagy helyén történt*. Ennek legáltalánosabb, halmazelméleti alapfeltétele adva van: a testfelület különböző pontjain és helyein támadó mechanikai hatásokat más és más idegvégződések és végkészülékek, illetve azok különböző együttesei veszik fel. A megérintett testfelületi pont lokalizációja állatnál és embernél egyaránt fejlett (a lokalizációs küszöb — különösen egyes testfelületi részeken — meglehetősen alacsony). Ennek az információs dimenzióknak a jelentősége nyilvánvaló: az elutasítandó reakció igazodhatik az érintés helyéhez, az organizmus a megérintett végtagot vagy testrészt vonja ki az érintkezésből (ha másképp nem, az egész test elmozdulása útján).

## 18. A kontaktrepció különleges problémái és további formái

Az előző fejezetnek úgyszólván a mottója volt az, hogy az organizmus a „programon kívüli” érintkezés elől (a környezettel) lehetőség szerint visszavonul az adiafor úrbe. De a megjelölés, „adiafor úr” valójában nem pontos. Az állatok legtöbbje e visszavonulásnál meghatározott pontokon továbbra is érintkezésben marad (vagy érintkezésbe kerül) a környezettel. A szárazföldön élő állatok mindig kontaktusban maradnak a talajjal, és pedig végtagjaik útján (amikor állnak vagy járnak), vagy más testrészüik útján (fekszenek, ülnek), a vízben élő állatok a mozgó vagy áramló közeggel; még a repülő állatok is (ha a levegővel való érintkezést leszámítjuk) legnagyobbbrészt kontaktusban vannak a talajjal vagy a környezet más tárgyaival (esetleg élőlényekkel). A mechanikus hatások ezeknél a kontaktusoknál is elkerülhetetlenek. Az adiafor úr tehát nem zárja ki teljesen a közvetlen mechanikus hatásokat.

Cselekvéseik közben (annak „programja” szerint) az állatok a környezettel való kontaktust vagy változtatják (helyesebben: váltogatják — a lokomóciónál), vagy további kontaktust teremtenek (a manipulációnál — elérnek, meglöknek, megfognak stb. valamit). Hangsúlyoznunk kell: az ilyen érintkezéseknél előálló mechanikus hatások fizikailag és fziológiailag semmiben sem különböznek a programon kívüli érintkezésektől; a kültakarót ugyanúgy bizonyos nyomás éri, ugyanúgy deformálódik, a letompított hatásokat ugyanazok a mechanoreceptorok veszik fel. Bármilyen „természetes” is, meg kell magyaráznunk a tényt, hogy az ilyen érintkezések nem hívnak elő „elutasító” viselkedést. Az elvi magyarázatnak tartalmaznia kell a következőt: *a reakciót ebben az esetben a mechanikus hatás nyújtotta információkon kívül magának a mozgásnak (illetőleg az izomkontrakciók együttesének) is (melynek eredményeként a kontaktus „program szerint” előállt) kodeterminálni kell — valamilyen fziológiai mechanizmuson keresztül.* E vektoriális meghatározottságnak a feltételezése logikailag szükségszerű. Valójában minden kutató — többnyire csak hallgatagon — fel is tétélezte.

Hogy a cselekvés, illetve annak fziológiai történésalapja, az izomkontrakció, milyen mechanizmuson keresztül működik össze a periferikus receptorok által felvett adiafor hatásokkal a kívül-

tandó reakció meghatározásában, egy későbbi fejezet tárgya lesz. Mégis már itt egy konkrét problémára rámutatunk. A felületen (akár a talajon, akár a tengerfenéken, akár valamilyen tárgyon – faágon vagy más állaton) mozgó állatok végtagjaikkal szükségképpen ritmikusan érintkezésbe lépnek a felülettel s arra nyomást gyakorolnak. Milyen jelző vagy információs funkciója lehet az ilyen érintkezésnél előálló mechanikus hatásoknak (a tárgyak vagy a talaj ellennyomásának)? Korábban úgy vélték (minthogy közelfekvő is volt), hogy az egyik végtag hozzáérése a talajhoz jelzés az ambulatorikus művelet következő szakasza számára (pl. az emlősöknél: a másik oldalon átlósan elhelyezkedő végtag működése számára – diagonális ambulatorikus ritmus). SHERRINGTON klasszikus vizsgálatai óta tudjuk, hogy ezeknek a jelzéseknek nincs döntő szerepük az ambulatorikus ritmus fenntartásában – ami nem jelenti, hogy abban egyáltalában nem vesznek részt (SHERRINGTON, C. S., 1910). Valaminek azonban nyilván jeleznie kell, hogy a mozgatott végtag földet ért. Most alkalmaznunk kell azt, amit fent logikailag megköveteltünk: az ambulatorikus művelet következő szakaszát a talaj megérintése (illetve a tapintási információ) nem egymagában határozza meg, hanem a végtagmozgásból (melynek eredményeként a kontaktus előállt) kiinduló valamilyen kodetermináló hatással (s talán valamilyen centrális tényezővel is) vektoriális együttesben; az olvasó már most tudhatja, hogy az izomműködésből kiinduló propriocepcióról van szó. De ami SHERRINGTON felfedezésében meglepő volt, s amit a kutatások azóta is megerősítettek, az az, hogy a proprioceptív komponens döntőbb, mint a taktilis – az utóbbi nélkülözhető. A megfelelő fejezetben majd megkíséreljük ezt plauzibilissé tenni.

Itt még röviden érintjük azt a problémát, melyet GRAY „az állati viselkedés egyik alapproblémájának” tart: „Képes-e az állat kezdeményezni és fenntartani egy jól koordinált izomműködést – a külvilággal való minden vonatkozás nélkül?” („without reference to the outside world” – GRAY, J., 1950, 112. o.) A mi véleményünk szerint ez nem pusztán kísérletileg eldönthető kérdés. Logikailag kényszerítő a következő: ha olyan izomműködésről van szó, melynek igazodnia kell a környezeti viszonyokhoz (mint pl. a járásnak a talaj- és terepviszonyokhoz), a külvilággal

való információs kapcsolat (szerintünk adiafor hatások közvetítésével) nélkülözhetetlen. VON HOLST idevágó nagy fontosságú kísérletei (HOLST, v. E., 1950), úgy véljük, csak arra utalnak, hogy meghatározott mintájú (és bizonyos fokig már ritualizált) cselekvésformák (mint az emlősök lokomóciója) vezetésében valamilyen centrális faktornak is szerepe van. Erre a propriocepció tárgyalásánál még visszatérünk.

A szükségszerű és az organizmus saját cselekvése által programszerűen felidézett kontaktusok esetén a cselekvés irányítása tehát alapvetően más, mint az előző fejezetben tárgyalt kontaktusformáknál. Az ilyenkor fellépő adiafor mechanikus hatások információs funkciójáról – minthogy az minden formájában szorosan összefügg az említett proprioceptív komponenssel – ugyancsak az idevágó fejezetben fogunk részletesebben szólni.

Mint már mondtuk, cselekvése során – helyesebben annak eredményeként – az organizmus érintkezésbe kerül a tárgyak egy különleges típusával is: a táplálékkal. Ez az érintkezés a többsejtűeknél egyre inkább meghatározott testfelületi részekre, a szájnyílás környékére és a szájüreget kibélelő vagy annak függelékeit, főként a nyelvet borító nyálkahártyákra korlátozódik. A tárgy nyomásából származó adiafor hatások itt is érvényesülhetnek, és a fentiekkel analóg módon befolyhatnak a száj mozgásának (kinyitásának, bezárásának, a harapásnak, a rágásnak stb.) irányításába. De túl ezen egy egészen másfajta hatás is fontos szerephez jut. E hatás „kihasználása” abban a tipikus formában történik, melyben az adiafor determinációt először és legpregnánssabban bemutattuk. A táplálék, mielőtt az organizmus belsejébe jutna, s azt az organizmus ténylegesen felvehetné (vagyis a táplálék biológiailag „kedvező hatása” bekövetkeznék), különleges összetétele szerint *kémiai hatást* gyakorol a szájüreg nyálkahártyájára. E hatás tudvalevően az ízérzékelés alapja; adiafor jellegét mindenekelőtt az ízlelés rendkívül alacsony abszolút ingerküszöbe bizonyítja. A kémiai ingereket a szájüregben lévő oldóanyag (s részben reagens), a nyál közreműködésével a nyelv felületi rétegében levő ízlelő bimbók veszik fel. A táplálék tehát, mielőtt a test belsejébe jutva biológiailag releváns („tápláló” vagy esetleg „mérgező”) hatását kifejtené, nemcsak adiafor „távhatásokat” (fényt, áramló gázokat, esetleg levegőrezgést) küld az organizmus-

hoz, hanem annak felületét elérve még egy újabb (és utolsó) adiafor hatást szolgáltat, mely a táplálék továbbjutását vagy visszautasítását „végleg” eldönti. Az ízlelés az utolsó „vizsgálat”, ha szabad így neveznünk, a táplálék végleges felvétele előtt,\* itt már csak az dől el, hogy a továbbítás rutinműveletei (rágás, nyelés stb.) megindulhatnak-e vagy nem. De az ízlelés nemcsak ilyen „igen vagy nem” döntést hoz, hanem az ízek kvalitatív sokfélesége útján a speciális (esetleg éppen deficitben levő) táplálék kiválasztását vagy előnyben részesítését is irányíthatja.

Korábban (a 8. fejezetben) azt mondtuk, hogy a primitív állatoknál, elsősorban az egysejtűeknél, még nem megfelelő a táplálékfelvételnek az a leírási módja, mely szerint: a táplálék a primitív állat testfelületéhez érve ingerhatások közvetítésével, vagyis szerintünk adiafor jelzések irányításával váltja ki a bekebelező műveleteket. Kétségbe vontuk, hogy amikor az egysejtű állat testfelületéhez táplálék ér, mindjárt kezdetben valami olyasmi történék, ami a tapintás vagy ízlelés ősfarmája. Úgy véltük, hogy csak az ún. alaphelyzet valósul meg, melyben az élő organizmus különleges szerkezete és kemizmusa folytán közvetlen környezetéből megntározott anyagokat vesz fel — csak azokat és mást nem. Ugyanarról az alaphelyzetről van szó, mely a növényeknél is elegendő a táplálékfelvételhez. (Csak néhány fegyelmezetlen gondolkodású botanikusnak volt az az elképzelése, hogy a növények gyökerei valamiféle ingerfolyamat közvetítésével előbb „ízlelik” az anyagokat, melyeket a talajból felvesznek.)\*\* Most láthatjuk, hogy igazi ízlelés a fejlődés mely pontján jelenhet meg: amikor a táplálékfelvételnek nem egyedüli feltétele a pusztá érintkezés a testfelület és bizonyos anyagok között (mint a növénynél), hanem a tápláléknak még meghatározott, előre kiképezett úton (száj, nyelőcső stb.) kell eljutnia ahhoz a felülethez, mely az érintkezésnél a tápanyag tulajdonképpeni felvételét végzi.

\* Lásd ehhez LE MAGNEN, J., 1967.

\*\* Természetesen a növények is felvesznek bizonyos ingerhatásokat, melyek fontos szerepet játszanak életükben — mégis a növényélettanban nagy általánosságban elvetik azt a felfogást, hogy a növényeknek igazi receptoraik lennének.

Ez esetben ugyanis bizonyos előzetes hatások az előre kiképezett úton (általában annak kezdeti részén) érvényesülhetnek s irányíthatják az áthaladó anyag előzetes szelekcióját.

Már a törzsfajlódás elég korai szakaszában találkozunk azzal a jelenséggel, hogy a pusztá mechanikus hatás önmagában nem elegendő lokomóciós vagy más mozgásos reakciók kiváltásához. Gondos vizsgálatokban kimutatták, hogy pl. a Cnidaria törzsbe tartozó tengeri rózsa (*Stomphia coccinea*) csak bizonyos tengeri csillagok (pl. *Hippasteria spinosa*) érintésére reagál úszó mozgással (SUND, P. N., 1958). További vizsgálatokban kiderült, hogy az érintkezésnél bizonyos kémiai hatás érvényesül; a ható anyag az illető tengeri csillag testüregében levő folyadék-ból és aborális felületének szöveteiből származik (WARD, J., 1962). A reakció biológiai jelentősége valószínűleg — menekülés a ragadozó ellenségtől; bár nem mindegyik tengeri csillag, melynek érintése a reakciót előhívja, jelent tényleges veszélyt az állatra. Az érintés mellett kémiai hatásoknak szerepük van a nematocysták kilövellő reakciójának kiváltásában — és ezzel a táplálkozásban is. Régebben azt hitték, hogy a nematocysták aktiválásához a mechanikus inger elegendő. Később egy másik tengeri rózsánál (*Anemonia sulcata* — viaszrózsa) kimutatható volt, hogy a pusztá érintés nem elég, bizonyos kémiai hatások itt is szükségesek (PANTIN, C. F. A., 1942). A ható szubsztancia minden jel szerint egy nagy felületi hatékonyságú lipoid, mely az állat legtöbb táplálékában jelen van. Azt is kimutatták, hogy e hatóanyagból rendkívül kis mennyiség már elegendő az effektushoz. Felületileg aktív anyagok hatékonynak bizonyultak más csalánozóknak, a szabadon úszó medúzák nematocystáinak aktiválásánál is (YANAGITA, T. M., 1960). Talán itt találjuk meg az érintkezésnél előálló adiafor kémiai hatások szereplésének kezdeteit.

Az adiafor távhatásokról beszélve elhanyagoltunk egyet, melyre pedig korábban (a 10. fejezetben) utaltunk. Ez a sugárzó hő. Szándékosan hagytuk figyelmen kívül, mert szerepe — távhatás formájában — nem jelentős. Erdőtűz (ezt a példát hoztuk a megfelelő fejezetben) vagy forró láva közeledése kis gyakoriságú

események az állatok életében. Gyakran nem a sugárzó hő hatásáról, hanem csak a levegő hőhatásáról van szó — *lényegében kontaktus útján*. Az ilyen, a tárgyakkal való érintkezésnél előálló hőhatás viszont nagyon általános jelenség. A megérintett tárgyról hőáramlás indul meg a testfelületre, vagy megfordítva (meleg — hideg tárgy). Az érintkezésnél károsító hő- vagy hideghatás is előállhat. A hatás, amikor adiafor formában érvényesül, megfelelő végkészülékek közvetítésével megalapozhatja a *meleg- és hideg-érzékelést*. Komoly információs jelentősége elsősorban az embernél van.

Ezen a ponton talán kívánatos egy kisebb jelentőségű fogalmi tisztázás. Eddig az „inger” és „adiafor hatás” kifejezéseket úgyszólván egyenlő jelentésűeknek vettük. Valójában azonban az inger egy fizikai folyamat (fény, levegőrezgés, gázok áramlása), s csak hatása a receptorra az, amit adiafor hatásnak nevezünk (e hatás miatt nevezük néha az ingert is adiafor történésnek). Azért utalunk erre éppen most, mert az adiafor determináció fent tárgyalt formájában a szigorú értelemben vett inger és az adiafor hatás egybeesnek. A tárgy nyomása maga az inger és az adiafor hatás, s ugyanez áll a nyelv nyálkahártyáját érő kémiai hatásokra. Így is mondhatjuk: *az inger redukálódik az adiafor hatásra*. Nyilván azért van így, mert a tárgy, melyről az adiafor hatások információt nyújtanak, ez esetben közvetlenül érintkezik az organizmus felületével — ingerfolyamatra mint közvetítőre, nincs szükség. Ennek megfelelően az itt szereplő adiafor hatások felvevő apparátusait *kontaktreceptoroknak* nevezik.

Az éppen tárgyalt adiafor hatásokkal — a tárgyak ellennyomásával és hőhatásával, valamint a szájüreg nyálkahártyáját érő anyagok kémiai hatásával — kapcsolatban még egy mozzanatra felhívjuk a figyelmet, melynek jelentősége a későbbiekben egyre inkább megmutatkozik. Ezek az adiafor hatások a cselekvés (vagy egy cselekvésszakasz) eredményeként lépnek fel. A cselekvést adiafor távhatások indítják el, és e cselekvések szükségszerűen olyan szituációhoz vezetnek, melyben adiafor kontakthatások lépnek fel; ezek a cselekvést újra determinálhatják. A terepformációkról fénysugarak érkeznek az állat látóapparátusába, s ezek meghatározzák lokomóciója irányát, melynek során végtagja eléri a terepformációt s annak ellennyomását provokálja. Teljesen



analog az adiafor táv- és kontakthatások egymásra következése a táplálékfelvétel műveletében. Ez az egymásra következés, mint látni fogjuk, törvényszerű, s egyik kiindulópontját fogja képezni bonyolult, de nagy jelentőségű fejleményeknek — egyrészt a cselekvés ún. visszajelentésének (feed-back), másrészt az információk idői szerveződésének.

#### IV. AZ ELMÉLET ÁLTALÁNOS BIOLÓGIAI ÉS PSZICHOLÓGIAI IMPLIKÁCIÓI

##### 19. Az eddigiek összefoglalása és kiegészítése

Ezen a ponton helyénvaló, hogy eddigi megállapításainkat — a lényeges pontokat illetően — összefoglaljuk, s azokat alapvető fiziológiai és pszichológiai tényekkel még egyszer szembesítsük. Fejtegetéseink az összes exteroceptor működését érintették. Legfőbb megállapításaink:

1. Az exterocepció minden területén az adekvát ingerek hatása adiafor alapjellegű, ami a következőt jelenti:

a) e hatás — akár eleve, akár az organizmus tompító berendezései folytán — olyan kis intenzitású és olyan természetű, hogy eredetileg és elsődlegesen nem éri el az organizmus  $\eta$ -változóit, azokban semmilyen — sem kedvező, sem kedvezőtlen, sem irreleváns — eltolódást nem okoz.

b) Ez a hatás csak a törzsfajlás folyamán kialakult érzékeny sejtnyúlványok vagy különleges „átalakító” és „felerősítő” apparátusok („transducers” és „amplifiers”) — ún. végkészülékek — közvetítésével érvényesül, amennyiben

c) átteődik speciális  $\eta$ -változók (idegrendszeri  $\eta$ -változók) irreleváns eltolódásaiba.

2. Az adekvát ingerek és adiafor hatások elvben közös kauzál-kondicionális eredetűek lehetnek olyan környezeti történésekkel, melyek biológiailag releváns eseményekhez vezetnek (mint: káros vagy kedvező hatások, kártékony vagy éppen létfontosságú anyagok bekerülése az organizmusba és hasonló). A közös kauzál-kondicionális eredet közelebből azt jelenti:

az adiafor folyamatokat (adekvát ingereket és azok hatását) a biológiailag releváns eseményekhez vezető környezeti történések vagy azok feltételei, vagy e feltételeket megteremtő korábbi folyamatok, vagy ez utóbbiak feltételei stb. — röviden: *a biológiailag releváns események tetszés szerinti idői mélységig visszamenő kauzál-kondicionális előzményei (antecedensei) maguk — melléktermékként — idézik fel.*

3. Az így felidézett mellékfolyamatok „előreszaladnak”, vagyis előbb elérik az organizmust, és adiafor hatást gyakorolnak rá, mint ahogy maga a biológiailag releváns esemény bekövetkezik (vagy bekövetkeznék), mellyel az „előreszaladó” adiafor hatások közös kauzál-kondicionális eredetűek.

4. Az „előreszaladás” fundamentális jelentőségű. A biológiailag releváns eseményt fizikai törvényszerűségek alapján (vagyis: törvényszerűen) megelőző adiafor hatások ugyanis determinációs bázisai lehetnek az organizmus olyan megnyilvánulásainak (cselekvéseknek), melyekkel a biológiailag releváns eseményeknek „értelmesen” elébevág: a negatív jellegűeket (a károsakat) elhárítja (leállítja, kitér előlük stb.), a pozitív jellegűeket (a kedvezőeket vagy éppen létfontosságúakat) előmozdítja (felerősíti, vagy egészében megindítja, felidézi stb.). Az adiafor „előhatások” (vagy „jelzések”) nélkül olyan állati cselekvés, mely biológiailag értelmesen elébevág a környezetben akcidentálisan fellépő fenyegető rossznak, illetve kínálkozó jónak — lehetetlen és elgondolhatatlan.

5. A földi környezet természete olyan, hogy az organizmust úgyszólván állandóan adiafor hatások érik — közöttük nagy számban olyanok is, amelyek nem (vagy felismerhetően nem) valamilyen biológiailag releváns esemény antecedenseitől származnak. Elvben azonban mindegyik — különleges idői és téri együttesben más adiafor hatásokkal vagy az organizmusban adott különleges feltételekkel — biológiailag releváns események „előhírnöke” lehet. *Minden adiafor hatás potenciális „jelzés”*. Ennek megfelelően a törzspejlődés során kialakul a következő berendezkedés:

Az organizmus minden adiafor hatást felvesz — függetlenül attól, hogy milyen biológiai relevanciájú környezeti mozzanattól származik és attól is, hogy determinációs bázisa-e valamilyen cselekvésnek. E hatások „felvétele” azt jelenti, hogy *valamennyihez egy az egyhez (vagy megközelítőleg egy az egyhez) viszonylatban hozzárendelődik valamilyen reprezentatív központi idegrendszeri történést*. Az adiafor hatás — elvben mindig csak átmenetileg — kiválik az ősi adiafor determinációs skémából; nem „jelez” semmilyen küszöbön álló vagy kínálkozó biológiailag fontos eseményt, és nem „jeladás” semmilyen cselekvésre; funkcionálisan „őnállósul”, és csak „informál” — a reprezentatív idegrendszeri folyamatokkal való hozzárendeléses viszony alapján — a környe-

zeti mozzanatokról. Ilyenkor mondjuk, hogy az állat „érzékeli”, *s ezzel az állati életben megjelenik a lelki jelenség.* A pusztán informatív jelentőségű adiafor hatás és a hozzárendelt reprezentatív történés – vagy most már így is mondhatjuk: az érzéklet – azonban mindig készen áll arra, hogy szükség esetén valamilyen adiafor determinációs szkéma keretében „bevetésre” kerüljön. Végső biológiai funkciója tehát: visszatérés az ősi funkcióhoz, ami valamilyen cselekvés előhívása vagy az abban való részvétel.

Az 1. pont a) alpontjának igazolása a tényeken egyszerűnek látszik. Több idevágó tényre már példánk elemzésénél rámutatunk. Most generálisan hangsúlyozzuk, hogy minden exteroceptív inger nagyon kis intenzitású fizikai vagy kémiai történés. Ez nemcsak az ún. alsó küszöbértékekre áll (vagyis arra a legkisebb intenzitású fényre, levegőrezgésre, hőre, kémiai hatásokra és nyomásra, mely még éppen érzékelést idéz fel), hanem az érzékelést megalapozó ingerek egész tartományára. Szükségtelen kimásolnunk a szakkönyvek idevágó adatait annak az ingerenergiának a nagyságrendjéről, mely a küszöbértékeknél és általában a szenzoros hatásoknál érvényesül.

A „kis intenzitás” (vagy kémiai hatásoknál: a kis koncentráció) megállapítása azonban nem elégséges. Ez végső soron szubjektív megítélés kérdése, amelynél önkéntelenül valamilyen standard intenzitásfokhoz igazodunk. A hatóerő így megítélt alacsony intenzitásfoka legfeljebb jó összhangban van a hatás adiafor jellegével, de nem bizonyítja azt; a biológiai relevancia nem kívánja meg okvetlenül az intenzitás (vagy koncentráció) valamilyen magasabb fokát. Ezért az említett alpontban nemcsak a kis intenzitásra utaltunk, hanem a hatás *speciális természetére*, mely – az alacsony intenzitásfok mellett – ugyancsak felelős azért, hogy a hatás az  $\eta$ -változókat el sem éri. Ez utóbbi mozzanat tényszerű igazolása mindenesetre nehézségekbe ütközik – már csak azért is, mert az „ $\eta$ -változó” egyelőre nem több, mint plauzibilis elméleti konstrukció, melynek konkrét jelentését csak morfológiailag és fiziológiailag kirívóbb formákban ismerjük, mint vérnyomás, pulzus-gyorsaság, lélegzési jellemzők, a vér cukortartalma, a húgyhólyag telítettsége és hasonlók. Szinte magától értetődő, hogy a szenzoros inger közvetlen hatása nem ilyen  $\eta$ -változókat érint. Mégis nem egyértelmű a helyzet a fény- és a

nyomásingerek esetében. A napfény, mint már említettük, nemcsak inger; a legtöbb állatnál (korántsem mindnél) jótékony (ha nem is olyan értelemben, mint a növénynél) vagy éppen káros hatású. Sőt korábban olyan jótékony fényhatásra is utaltunk, mely állítólag a recehártján keresztül érvényesül. Noha ennek a hatásnak a mechanizmusa még ismeretlen, biztosra vehető, hogy e hatásnak nincs köze a folyamatokhoz, melyek a fényérzékeny szubsztanciában, az érzékelő sejtekben és az idegrendszerben végbemennek. Ehhez különösen azt kell kiemelnünk, hogy a fényt mint ingert felvevő kémiai szubsztancia (karotinoid csoport) egészen sajátos természetű, ahogyan ezt már a 4. fejezetben kifejtettük, s a napfény egyéb biológiaiilag releváns hatásának ezekhez az anyagokhoz semmi köze. Amit most hangsúlyozunk: ilyen kettős hatás nincs ellentétben a fénynek mint szenzoros ingernek primer adiafor jellegével. Egyébként az az intenzitás- és hullámhossztartomány, melyen belül a fényhatás biológiaiilag releváns (káros vagy jótékony), nem ugyanaz, mint a látási ingerek intenzitás- és hullámhossztartománya (bár kismértékben — legalábbis az embernél — fedik egymást). Biztos, hogy pl. annak a diffúz napfénynek, mely egy borús napon szobánkat megvilágítja, és mely teljesen elegendő ahhoz, hogy jól lássunk, önmagában nincs „jótékony” hatása — legalábbis olyan értelemben, mint a napfénynek, melyet kiránduláson a hegyek között élvezünk. Ennyit világosan felismerhetünk anélkül, hogy a fény jótékony hatásának szakszerű elemzésébe bocsátkoznánk.

Más helyzettel találkozunk a tapintásnál. Mind a „programon kívüli”, mind az organizmus által kezdeményezett kontaktusnál, mint már utaltunk rá, olyan nyomás érheti a bőrfelületet, mely deformálja. Amikor pl. egy tárggyal manipulálunk s erősen megfogjuk, esetleg megszorítjuk, ujjaink vagy tenyerünk felületi rétegei bizonyos fokig komprimálódnak és deformálódnak. A felületi részek formáját és komprimáltságuk fokát morfológiai  $\eta$ -változóknak kell felfognunk, de a szóban forgó kompresszió és deformáció — hacsak hosszabb időn át nem tart — kétségkívül biológiaiilag irreleváns változás, melyből e felületi rétegek hamarosan visszatérnek a normális állapotba és formához. A nyomáshatás — éppen a felületi rétegek deformálódása folytán — erősen letompítva jut el az idegvégződésekhöz és végkészülékekhez, vagyis a tulajdon-

képpen receptorokra gyakorolt hatás *adiafor reziduumnak* tekinthető — ahogyan ezt az adiaforizálási tendencia tárgyalásánál kifejtettük. Hogy ez a reziduum adiafor jellegű, valószínűsítik azok a vizsgálatok, melyeket részben a küszöbértékek megállapítására, részben az ún. tapintási pontok felkeresésére nagyon kis fokú és nagyon szűk felületi részre korlátozott nyomásokkal végeztek (finom szőrszál vagy tű nyomása). Sokszor olvassuk, hogy a tapintás ingere a bőrfelület deformációja; ez csak részben helyes. A deformáció valójában az ingertörténés egy korábbi szakasza; a közvetlenül a végkészülékekre ható inger: a nyomásreziduum.

Amit most a tapintási érzékelésnél láttunk, kevésbé felismerhető formában és jóval kisebb jelentőséggel, kimutatható a többi receptornál is. Ez utóbbiaknak — helyesebben az érzékszerveknek — az átalakító és felerősítő funkción kívül — gyakran redukáló funkciója is van. A túl erős fény ellen véd a pupilla reguláló működése vagy a szem bezárása; valószínű — bár nem teljességgel bizonyos —, hogy ilyen védő funkciója van a túl erős és túl magas hangok ellen a dobhártya feszültségét szabályozó izomnak (m. tensor tympani). Talán hasonló jelentősége van annak a ténynek is, hogy az orr nyálkahártyájának csak egy kis része a legfelső orrjáratban (*regio olfactoria*) tartalmaz szagreceptorokat; ide az orrba érkező gáznemű anyagok viszonylag kis része jut el (ezért kell az orrba áramló gáz mennyiségét „szimatoló” belélegzéssel növelni). Ugyancsak ilyen funkciója van (többek között) a fokozott nyáleválasztásnak (mely reflektorikusan bekövetkezik) erősebb (pl. savas) ízek esetén; a nagyobb nyálmennyiség a szájba kerülő anyag koncentrátságát redukálja. Mindezek a berendezések azonban csak a tapintásnál tartoznak a receptor lényegéhez, a többinél csak járulékos képződmények vagy működési formák.

Az adiafor hatás egyes érzékelési területeken látszólag abrupt módon — úgyszólván irreleváns zóna nélkül — meggyát káros hatásba; a fény bizonyos intenzitásfokon túl károsít; bizonyos „károsodási határon” túl a nagy erősségű (amplitúdójú) levegőrezgésre és szagló anyagokat nagy koncentrációban tartalmazó levegő hatására nagyjából ugyanez áll. De tekintetbe kell vennünk, hogy *ez a károsítás különlegesen korlátozott jellegű*: a speciális felvevő apparátust károsítja csupán, mely az adiafor hatások felvételére kiképeződött. Az erős fény, mely vakít, az organizmus

más felületi részeire nem hat károsítóan (bár tekintetbe kell venni, hogy a retinára eső fény még szűk pupillanyílásnál is a lencse gyűjtő hatása folytán felerősödik).

A látás területén még egy figyelemre méltó jelenséget regisztrálnunk kell. A fényhatások recepciójában bizonyos intenzitás-szinten felül (de még az adiafor tartományon belül) más részapparátus dominál, mint ezen az intenzitás-szinten alul. E nagyságrendi változásnál az ember és sok más állat szeme bizonyos értelemben átvált az egyik részapparátról (a csapokról) a másikra (a pálcikákra). Érdekes, hogy fejlődéstörténetileg az az apparátus ősbibb, amely elsősorúen az alacsonyabb intenzitású fény felvételére alkalmas (a pálcikák). A két részapparátus bonyolult együttműködésére a színlátásban és színekódolásban itt nem térünk ki. Csak megjegyezzük: a két részapparátus kialakulása valószínűleg azzal függ össze, hogy az ősi fényérzékeny apparátus a tenger mélyén élő primitív állatoknál fejlődik ki, amelyeknek életszinterében a fényhatások jóval gyengébbek, mint a szárazföldön, de különösen a levegőben élőknel. Sőt amint azt behatóbb vizsgálatok kimutatták, a pálcikás apparátus aszerint is némileg differenciálódik, hogy édesvízben vagy tenger-vízben élő állatokról van-e szó. [Különösen érdekesen alakul ez olyan halaknál, melyek periodikusan a tengervízből az édesvízbe, vagy megfordítva, vándorolnak, mint pl. az ángolna (*Anguilla anguilla*) vagy a lazac (*Salmo salar*), WALD, G., 1937.] A pálcikás apparátus valójában csak a fény erősségével variál együtt, de különböző hullámhosszúságú fénynek mutatathat maximális érzékenységet (a látóbíbor maximális abszorcióját); a mélyvízi halaknál pl. az abszorpciós maximum a retinában egybeesik a mélyvízben domináló hullámhosszakkal. A parti vizekben a zöld fény még hatékonyan érvényesül, míg a mély vízbe a spektrum rövid hullámú vége hatol le legmélyebbre — s ehhez igazodik a látóbíbor abszorpciós maximuma (WALD, G., BROWN, P. K. és BROWN, P. S., 1957; OSTER, R. H. and CLARKE, G. L., 1936).

A következő ellenvetés még közelfekvő. Nem bizonyítja-e az érdekes modern kísérletek egész sora, melyeket az ún. ingerdepri-

váció hatásáról végeztek, azt, hogy a szenzoros ingerek bizonyos normál gyakorisággal való felvétele szükséges az állat fejlődéséhez, teljes értékű egyeddé való felnövéséhez, idegrendszerének és mozgásapparátusának normális éréséhez és karbantartásához? Mindez nem jelenti-e lényegében azt, hogy az adiafor hatásoknak el kell érniük az  $\eta$ -változókat – más értelemben is, mint a pusztán információfelvételnél? E kérdés megválaszolásához megint nagyon gondosan különbséget kell tennünk a között, ami feltételezésünk szerint elsődleges, és a között, ami másodlagos. Mindenekelőtt még egyszer leszögezzük: az adiafor hatásoknak természetesen el kell érniük bizonyos  $\eta$ -változókat ahhoz, hogy valamilyen organikus intézkedés determinációs bázisaivá válhassanak, de ez az „elérés” másodlagos, vagyis 1. a törzsfajlás folyamán válik lehetővé, 2. speciális átalakító és erősítő apparátusok közvetítésével érvényesül és 3. az  $\eta$ -változók, melyeket e hatások elérnek, ugyancsak speciális jellegűek: idegrendszeri  $\eta$ -változók. Az, amire a fenti ellentét vonatkozik, lényegében a következő: az átalakító és erősítő apparátusnak és az egész további, a cselekvés adiafor kiváltását és vezérlését ellátó rendszernek ontogeneziséhez és teljes értékűvé válásához szükség van – magukra az adiafor hatásokra. Ez a tény különösnek tűnhet, bár minden organikus fejlődés egyik jellegzetes vonása, melyet már nagyon sokan – biológusok és természetfilozófusok – leszögeztek: minden organikus szerkezet csak sajátképpeni működésének gyakorlása közben válik teljes értékűvé, sőt sokszor e gyakorlás nélkül létre sem jön. Az átalakító és erősítő apparátus kifejlődéséhez szintén szükség van „gyakorlásra” – s ehhez a gyakorláshoz kellenek az adiafor hatások (akkor is, ha felhasználásuk a gyakorlás kezdeti szakaszában még biológiailag tökéletlen). Az adiafor hatások tehát valóban elérik azokat a különleges  $\eta$ -változókat is, melyeknek a felvevő, továbbító és cselekvésvezérlő rendszer zavartalan ontogeneziséhez meghatározott tartományon belül kell maradniuk. E hatások ilyen értelemben biológiailag szükségesek és „jótékonyak” – de ez nem szól primer adiafor jellegük ellen; világosan felismerhető ugyanis: ez a jelentőségük is abból adódik, hogy – éppen adiafor jellegük folytán – arra az alapvető szerepre alkalmasak, melyet az állati életformában szükségszerűen betöltenek – a megelőző jellegű organikus intézkedés időzített determinálására, kiváltására és vezérlésére.



## 20. A cselekvésben és annak adiafor determinációjában szereplő $\eta$ -változók közelebbi természete

Az, amit az előző fejezet 1. pontjában (illetve annak három al-pontjában) állítunk, többet foglal magába, mint amire első olvasáskor gondolhatunk. Nem arról van ugyanis szó, hogy az adiafor hatás a fejlődés során – az organizmus valamilyen különleges alakulásának eredményeként – végül is eléri az organizmus „valamelyik”  $\eta$ -változóját, s abban irreleváns eltolódást okoz. Pl. elér egy olyan  $\eta$ -változót, mint a vérnyomás, s abban irreleváns változást idéz elő. Az „érzékenyvé válás” az adiafor hatásra – felfogásunk szerint – azt jelenti, hogy egy újfajta  $\eta$ -változó jelenik meg az organizmusban. Ez az új  $\eta$ -változó valójában nem más, mint maga az adiafor hatás – de most már úgy, hogy további organikus történés kódozódomódhoz, mely végül a megelőző intézkedéshez vezet. Ennek a fejlődésnek az ősmintája az, amit már a 4. fejezetben leírtunk: a sejtben megjelennek a vegyi átalakulások burjánzása során – mintegy melléktermékként – bizonyos anyagok, melyek a fényre sajátos módon reagálnak; jelentőségük nincs („pazarolják a fényenergiát”, ahogyan egyes biokémikusok mondták). De a fejlődés során ez a fényhatás nem marad „izoláltan”, hozzákapcsolódik (már a növénynél) egy további történés, mely valamilyen megelőző intézkedéshez vezet. Ebben a pillanatban az illető szubsztancia (karotinoidok) kémiai reakciója a fényre – életfolyamattá lép elő, s mint új  $\eta$ -változó szerepel.

Az adiafor hatást – éppen alaptermészetéből kifolyólag – általában *fel* kell *erősíteni* és *át* kell *alakítani* ahhoz, hogy egy további történés kiindulópontjává válhassék. Így fejlődnek ki az adiafor hatást felvevő sejtrészleg vagy szubsztancia kiegészítéseként járulékos átalakító és felerősítő apparátusok, a terminális apparátusok – akár valamilyen struktúra, akár különleges szerkezetű és eloszlású kémiai szubsztancia formájában.

Az átalakító és felerősítő apparátus – illetve az azt magába foglaló szervi egység, a receptor – kialakulására vonatkozóan, úgy véljük, csak részben mérvadó SHERRINGTON elgondolása, mely szerint: „A receptor fő funkciója, hogy lecsökkentse a küszöb-

értéket egy bizonyos ingerféleség számára, és emelje minden másfajta inger számára. Ezzel jó összhangban van pl. a tapintás alacsony küszöbértéke, amikor az inger egy szőrszál mechanikus hatása (FREY, V.) és ugyanakkor magas küszöbértéke, amikor elektromos áramot használnak az ingerlésre.” (SHERRINGTON, CH., 1911. 12. o.) Fejlődéstörténetileg ezt a gondolatot így értelmezhetjük: bizonyos sejtekben — illetve azok bizonyos struktúráiban vagy szubsztanciáiban — a fejlődés során bekövetkező alakulások eredményeként egyes igen kis erősségű külső hatások (pl. a tárgyról nappali átlagos világításban visszaverődő fénysugarak) — a fejlődés bizonyos szintjétől kezdve — speciális folyamatokat idéznek elő. Így jelennek meg a folyamatok, melyek a további kódolás által az adiafor determináció kiindulópontjává, s így új  $\eta$ -változókká válnak. Szükségtelen feltételezni, amint ezt a SHERRINGTONI fogalmazás talán szintén implikálja, hogy az illető struktúrában vagy szubsztanciákban előzőleg csak nagyobb erősségű vagy más jellegű hatások idézték fel a speciális folyamatokat, majd ezután a küszöb fokozatosan lesüllyedt. Ez ellen szól pl., hogy, mint már említettük, az a fényérzékeny anyag, mely a kisebb fényerősségre reagál, fejlődéstörténetileg ősbibb (a pálcikák fotoszenzitív pigmentje); a csapoké később jelenik meg. Hogy az érzékeny struktúrák, illetve különleges kémiai szerkezetű anyagok milyen fejlődés eredményeként jelennek meg, arról még keveset tudunk.

Maga a receptorsejt vagy az érzéksejt alapján véve ugyanúgy működik, mint általában az idegsejt, gyakran nem is önálló, hanem csak a neuronnak némileg módosított dendritikus zónája. Axonja gyakran nincs, és közvetlenül kelt ingerületet egy szenzoros neuron dendritikus zónájában. Az ingerületi állapot fő sajátosságai — az adiafor determináció megvalósítása szempontjából — a következők: 1. Az idegsejt általános formai tulajdonságainak megfelelően átterjed annak rövidebb és hosszabb nyúlványaira, a dendritekre és az axonokra — ez a folyamat a tulajdonképpeni ingerületvezetés. 2. Meghatározott formáció segítségével (szinapszis) hasonló ingerületi állapotot válthat ki egy másik vele érintkező neuronban. 3. Speciális sejtekben (izomsejtek) — ugyancsak meghatározott formáció (véglemezek) közvetítésével — speciális működési formát, összehúzódást, kontrakciót idéz elő. Azokra

a csodálatosan bonyolult és a modern kutatásban egyre inkább feltáruló mechanizmusokra, melyek a közvetlen külső hatást ingerületi állapotba, majd izomkontrakcióba átviszik, nem szükséges kitérnünk. De még egy pontnak talán jelentősége van az adiafor determináció szempontjából. A neuronok struktúrájára nézve felmerült és egyre inkább tért hódít az a nézet, hogy a recepció és ingerületvezetési funkció meglehetősen elkülönül, és helyileg is a sejt más régiójában zajlik le, mint a trofikus funkciók. Észszerűnek látszik BODIAN elgondolása, aki úgy véli, hogy a nutritív funkciókat végző részt el kell választani az információ-felvevő és -feldolgozó résztől — akárhol is vannak a sejtben; az előbbit perikaryonnak, az utóbbit dendritikus zónának nevezi (BODIAN, D., 1962). Talán nem üres spekuláció feltételezni, hogy itt már eredetileg is a sejt életét nem érintő, külső hatás által megindított folyamatokról van szó, melyek természetesen a fejlődés során a sejt egy új funkciójává váltak.

Az adiafor determinációs skéma kialakulásával tehát a fiziológiai  $\eta$ -változók három csoportja, melyekre már korábban is utaltunk, jelenik meg az organizmusban és emelkedik különleges jelentőségre. Most ezeknek bizonyos általános jellegeit vesszük szemügyre, melyek az adiafor determináció szempontjából még számításba jönnek. E fiziológiai  $\eta$ -változók: 1. Az adiafor hatásra speciálisan érzékeny szubsztancia vagy készülék változásai az érzékelő sejtben belül — terminális vagy röviden  $\eta_1$ -változó; 2. az ingerületi állapot az idegsejtben vagy azok láncolatában — idegrendszeri vagy  $\eta_2$ -változó és 3. az izomsejt vagy az egész izom kontrakciós állapota,  $\eta_3$ -változó. Ez utóbbi valójában az etológiai  $\eta$ -változók alápeleme: minden megelőző cselekvés vagy viselkedés fiziológiai történésanyaga; az etológiai  $\eta$ -változó tehát e speciális fiziológiai változók eltolódásaiból felépülő nagyobb — a környezettel való viszonyt vagy magát a környezetet megváltoztató — történéségység. A felsorolt  $\eta$ -változók fiziológiai természetével — munkánk célkitűzésének megfelelően — nem foglalkozunk behatóan; néhány idevágó tényre fogunk csak rámutatni — minthogy elméleti elgondolásainkkal nyilvánvaló összefüggésbe hozhatók. Előbb kiegészítjük és teljesebbé tesszük azt a megállapítást, melyet már a III. fejezetben — az etológiai  $\eta$ -változókra korlátozva — tettünk. Nem csupán az utóbbiak, hanem a fent jellemzett három-

fajta  $\eta$ -változó együttes és jól összehangolt variációi „védik” — kisebb vagy nagyobb tökéletességi fokban — az *organizmus összes  $\eta$ -változóját attól, hogy az optimális tartományból kikerüljenek, sőt lehetőség szerint attól is, hogy azon belül ingadozzanak, vagyis védik őket minden kedvezőtlen, sőt irreleváns változástól.*

E „védelem” ellátására különösen az a tulajdonságuk predesztinálja őket, melyre korábban szintén nyomatékosan rámutattunk: a fenti három  $\eta$ -változó eltolódásai mindig *abszolút irrelevánsak*. Még elméletileg sincs egy abszolút optimális értékük (az optimális tartományon belül). Az adiafor determinációban vitt szerepükön kívül pl. a csapokra és pálcikákra gyakorolt fényhatások egyáltalában nem különböznek egymástól közvetlen biológiai jelentőségük tekintetében; egyik sem áll közelebb valamilyen biológiailag káros vagy kedvező tartomány határához (mint a többi fiziológiai és morfológiai  $\eta$ -változó esetében). Ugyanez áll az adiafor determinációs skémában szereplő mindhárom  $\eta$ -változóra. Hamarosan rámutatunk arra, milyen neurofiziológiai sajátosságok — legalábbis az  $\eta_2$ - és  $\eta_3$ -változóknál — biztosítják ezt az abszolút irrelevanciát.

A kifejezést: „védik az organizmus összes  $\eta$ -változóját” — a legtágabb értelemben kell venni; tudniillik *önmagukat is védik*. Mindenekelőtt védik a fenti három  $\eta$ -változó szervi szubsztrátumait, a receptorokat, az érzékszerveket, az ideg- és az izomrendszert. Az érzékelő apparátust sajátos értelemben is védik: szükség esetén biztosítják, hogy az adekvát ingerek az apparátusokat elérhessék, hogy az ingerek „felvehetőek” legyenek. Sőt azt is, hogy optimálisan felvehetőek legyenek. Idetartoznak az összes orientációs reakciók és mozgások (melyek, mint láttuk, nem mindig — a szó igazi értelmében — reakciók), a pupilla nagyságát és a szemlencse domborúságát szabályozó izmok vagy a tensor tympani működései, a szimatoló légző mozgások, a tapintó mozgások (a haptikus érzékelésnél) és hasonlók. Adott esetben az ember (ritkán az állat is) magát az ingert is megteremti; az ember mesterséges fényforrást állít elő, a denevér ultrahangokat bocsát ki, melyek a tárgyakról visszaverődnek, és lokomócióját vezérlik.

Az  $\eta_1$ -változók (valójában a közvetlen adiafor hatások), ugyanúgy, mint az adekvát ingerek, természetükre nézve egészen külön-

bözők lehetnek: fotokémiai, kémiai, hő- vagy mechanikai folyamatok. Lényegesen más a helyzet – a variabilitás tekintetében – a másik két  $\eta$ -változónál ( $\eta_2$  és  $\eta_3$ ) – az ingerületi és az izomkontrakciós állapotoknál. Az ingerületi folyamatok minden idegsejtben és annak nyúlványaiban (bármelyik receptorból indulnak is ki) egyenlő alaptermészetűek, minden jel szerint speciális elektromos jelenségek. „Specifikus idegenergia” – olyan értelemben, ahogyan azt JOHANNES MÜLLER gondolta – nincsen. A felidézett érzékletek különbözősége végső soron azoktól a kapcsolatoktól függ, melyek a központi idegrendszer különböző locusai-val létesülnek. Hasonlót mondhatunk az  $\eta_3$ -változókról: az izomrostok kontrakciója minden izomban (a harántcsíkolt és a sima izmokban egyaránt) egyenlő alaptermészetű.

A neurofiziológia egyik legbehatóbban (és talán legeredményesebben) kutatott problémája az, hogy a közvetlen – és mind minőségben, mind intenzitásban messzemenően variábilis – ingerhatás hogyan tevődik át nervózus ingerületbe. A kutatásokból, melyekben csodálatosan kifinomított vizsgálati technikát alkalmaztak, tudjuk, hogy az ingerhatás első felfedezhető jele a receptorban egyfajta elektrotonikus jelenség, a *generátor potenciál*; amikor ez bizonyos amplitúdót elér, megindul a tulajdonképpeni ingerület az idegsejtben és annak axonjában. Analóg módon tagolt folyamat játszódik le minden receptorban. A mi elméleti elgondolásaink szempontjából fontos a következő: ezeknek a kutatásoknak az eredményeiből *világosan kitűnik a receptornak mind az átalakító (transducer), mind a felerősítő (amplifier) jellege*. Ez utóbbi különösen szembeötlő a fotoreceptornál, ha tekintetbe vesszük, hogy adott esetben egyetlen energiakvantumnyi fény hatása az adaptált pálcika fényérzékeny pigmentjére már elegendő, hogy a sejtet ingerületi állapotba hozza. A felerősítésnek, becslések szerint, néhány ezerszeresnek kell lennie (ECCLES, J., 1953; WALD, G., BROWN, P. K. és GIBBONS, I. R., 1963).

Az  $\eta_2$ - és  $\eta_3$ -változók eltolódásai – az ingerület és az izomkontrakció – mint mondtuk, minden idegsejtben és -rostban, illetve minden izomrostban egyenlő alaptermészetű. De az egyöntetűség valójában még sokkal tovább megy. Mind az ingerületre, mind az izomrost kontrakciójára (az utóbbiakra mindenesetre csak bizonyos törzsfajlódási szinten felül, teljességgel a gerincesek-

nél) érvényes az ún. *minden vagy semmi törvénye*. Ez lényegében azt jelenti: ha az inger bizonyos küszöbintenzitást elér, a szenzoros idegvégződés maximális ingerületi hullámmal válaszol, és ez az erősség nem változik, bárhogy is variál a küszöb feletti inger erőssége; ugyanígy az izomrost az efferens neuron minden ingerületére (a véglemezek közvetítésével) maximális összehúzóással (vagy ha ez fizikailag akadályozott: tenzióváltozással) válaszol.

Az inger közvetlen hatása a receptorra, a generátor potenciál, nem minden vagy semmi jellegű folyamat. Intenzitásában folytonosan – és az inger intenzitásától függően – változó elektrotonikus jelenség, mely azonban továbbmenően, amint bizonyos intenzitást elér, egy minden vagy semmi jellegű potenciált vált ki, s ez adott feltételek mellett egy továbbterjedő, ugyancsak minden vagy semmi jellegű ingerületi hullámba megy át az idegrostban. *Az inger erősségének – és így a generátor potenciál amplitúdójának – változásával nem a további ingerületi hullám erőssége, hanem csak ismétlődő jellege, frekvenciája változik:* az inger erősödésénél a változatlan erősségű (amplitúdójú) ingerületi hullámok gyorsabban követik egymást. Egy bizonyos ingerintenzitáson túl a frekvencia fokozódása is megszűnik. Vagyis: *az inger intenzitásváltozása az idegrendszerben ugyanannak a történéységnek a gyakoriság-változásába kódolódik át.* Elméleti elgondolásaink szempontjából, mint látni fogjuk, megfelelőbb egy másik fogalmazás: az inger intenzitás-dimenziójának nem az ingerület valamilyen analóg intenzitás-dimenziója felel meg, hanem bizonyos *idői dimenziója*.

Az ingerületnek valamilyen módon együtt kell variálnia az inger minőségével is – másképp elvben nem volna magyarázható az érzékek rendkívüli sokfélesége minden érzékleti modalitáson belül. Egy nagyon természetesnek tűnő, de logikailag egyáltalán nem szükségszerű tendencia mutatkozik meg már a legkorábbi idevágó elméletekben (a szín- és halláselméletekben): nem úgy igyekeztek a keltett érzékek sokaságát magyarázni, hogy feltételezték, a különböző minőségű ingerek (pl. a különböző hullámhosszú fénysugarak vagy a különböző magasságú hangok) ugyanarra a receptorra (receptoregységre vagy -elemre) különbözőképp hatnak, hanem úgy, hogy *a különböző kvalitású ingerek hatásait már eleve más és más receptoregységek veszik fel; receptor-*

egységek, melyek csak meghatározott minőségre érzékenyek, s más minőségű inger nem hat rájuk, vagy el sem éri őket (mint pl. a hallás HELMHOLTZ-féle rezonanciaelméletében). Ehhez társult természetesen egy másik tendencia: *a különböző minőségre specifikusan reagáló receptorelemek számát lehetőleg a legkisebbre redukálni és az érzékleti kvalitások sokféleségét e néhány elem együttes hatásából eredeztetni*; ebben az együttes hatásban a különböző elemek különböző erősséggel vennének részt, és így a lehetséges kombinációk száma (már kevés elemnél) rendkívül nagy. Ezt a régieknél csak az elméletben megmutatkozó tendenciát a modern neurofiziológiai kutatások nagyjából igazolták — még akkor is, ha a különböző kutatók eredményei nem teljesen egybevágók. Egyelőre, úgy véljük, pl. a színlátás területén leginkább elfogadható az, hogy a nagy színérzékenységű állatok recehárttyájában a csapok háromféle csoportja található, melyek a spektrum három különböző tartományára maximálisan érzékenyek (amint azt pl. az aranyhal szemében konkrétan ki is mutatták, MACNICHOL, E. F. Jr., 1964). Más módszerrel kutatva, magasabb rendű gerinceseknél is találtak háromféle csap-pigmentet (RUSHTON, W. A. H., 1961 és 1962) vagy háromféle receptorfolyamatot (STILES, W. S., 1959) — ugyancsak a spektrum különböző tartományainak hatásával kapcsolatban (bár nem biztos, hogy e különböző pigmentek vagy receptorfolyamatok más és más csapokból származnak). Egyes elméletek szerint a recehárttyában különböző fizikai fényszűrők működnek, melyek bizonyos csapokhoz (vagy azok egyik pigmentjéhez) csak a három spektrumtartomány egyikét engedik hozzá (ENOCH, J. M., 1963; BIERNSON, G., 1963). E kutatások részleteibe nem bocsátkozhatunk.

A többi érzékelő apparátus működésének magyarázataiban is — legalábbis mint tendenciát — felismerhetjük azt, hogy az érzékleti kvalitások különbözőségét különböző, tényleg is elválasztott receptorelemek egyedi vagy együttes reakciójára vezetik vissza — amikor is az együttes különböző mintájú lehet aszerint, hogy a komponenseket a számukra felvehető ingertartomány milyen intenzitásban éri („across-fiber pattern”, ERICKSON, R. P., 1968). A hallásnál a komponensek száma meglehetősen nagy (a legújabb elméletek szerint is; ezért sorolta a hallást ERICKSON — meglepő módon — a „topografikus modalitások” közé, vagyis ugyanoda,

ahova a vizuális téri érzékelést, ERICKSON, *ibid.*). Más érzékelésnél a komponensek száma jóval kisebb (különösen érdekes ez pl. az ízlelésnél — PFAFFMAN, C., 1959). Mindenképpen állíthatjuk, hogy a kutatás fő irányvonalában ugyanaz a felfogás uralkodik, mint már az első klasszikus elgondolásokban. Ez továbbmenően azt jelenti: a különböző ingerkvalitásokat a receptorokból kiinduló, csak frekvenciájukban különböző, de térileg elválasztott pályákon terjedő ingerülethullámok együttese képviselik. Megint így fogalmazhatjuk: az inger kvalitásdimenziójának nem az ingerület-együttesek valamilyen analóg kvalitásdimenziója felel meg, hanem bizonyos téri dimenziója. Ez a „téri dimenzió” nyilván megőrződik az első átkódolási állomásig — a megfelelő szinteken elhelyezkedő ganglionokig.

A minden vagy semmi elve, mint mondtuk, érvényes az  $\eta_3$ -változókra is. Az izomrost a motoneuronból érkező ingerülethullámra (a véglemez közvetítésével) vagy közvetlen elektromos ingerlésre meghatározott maximális erősségű kontrakcióval, rándulással (illetve tenzióváltozással) válaszol. Hogyan lehetséges mégis az izom fokozatos erősségű teljesítménye? Két mozzanat mérvadó: 1. A motoneuronból jövő ingerülethullám változó frekvenciájára az izomróstrandulások ugyancsak változó gyakorisága következik be; az időben egymást gyorsan követő rándulások energetikailag összegeződnek; egy bizonyos frekvenciánál a rándulások már egybefolynak (tetanus). 2. Egyre több izomrost vesz részt a kontrakció-együttesben, ami azáltal következik be, hogy egyre több motoneuronból érkezik a megfelelő gyakoriságú ingerületi hullám az izomszövetbe (egy efferens idegrost egyébként már eleve több izomrostot innervál — néha csak kettőt, máskor sokkal többet). Mindez lehetővé teszi az izom erő kifejtésének folytonos és fokozatos változásait. Itt még meg kell említenünk; mint ahogy a kontrakciós hullámnak van egy maximális elérhető gyakorisága, ugyanúgy — legalábbis a vázizomzat akaratlagos működésénél (embernél) — az igénybe vett izomrostok számának — az izom totális izomrostállományán belül — van egy maximuma. Az említett akaratlagos működéseknél sohasem lép az izom minden rostja akcióba, ilyen totális igénybevételre általában sem kerül sor. Ezzel függhet össze, hogy az „akarat megfeszítésével” az izom erő kifejtése akkor is fokozható, amikor



az illető már úgy érzi, eljutott teljesítménye határához — amint ezt Mosso ergográf-vizsgálataiban már a múlt század végén megfigyelte. Az elfáradás jelenségeire később még visszatérünk.

E nagyon vázlatos ismertetés alapján megállapíthatjuk: az  $\eta_3$ -változó — vagyis az etológiai  $\eta$ -változó alapját képező fiziológiai  $\eta$ -változó — megint csak a variációs dimenziók sajátos limitáltságát mutatja: az *alaptörténés*, az egyes izomrost összehúzódása, saját erősségében nem variál, *csak megismétlődésének gyakoriságában, illetve a változatlan erősségű kontrakciót produkáló rostok számában.*

Nincs tudomásunk arról, hogy az organizmus bármely más működésében a minden vagy semmi elve — vagy valami hasonló — érvényesülne. Talán nem véletlen, hogy ilyesmi éppen az idegrendszer és az izomrendszer működésében mutatkozik meg — vagyis azokban a szervi rendszerekben, melyek az adiafor determinációs skémában szerepelnek. Középfekvő megvizsgálni, nem hozható-e ennek az elvnek a fellépése éppen az említett rendszerekben összefüggésbe azok — szerintünk alapvető — funkciójával: az adiafor determináció megvalósításával. A fejezet elején megállapítottuk, hogy az  $\eta_1$ -,  $\eta_2$ - és  $\eta_3$ -változók együttes variációi „védik” az organizmus összes  $\eta$ -változóját a kedvezőtlen változásoktól, sőt még az irreleváns eltolódásoktól is, és erre a feladatra különösen alkalmassá teszi őket abszolút irreleváns jellegük. Most megkockáztatjuk azt a feltevést, hogy a minden vagy semmi elvének érvényesülése különlegesen kedvező feltételeket teremt az  $\eta_2$ - és  $\eta_3$ -változó-típus — az idegrendszeri és izomrendszeri folyamatok — abszolút irrelevanciájának biztosítására (az  $\eta_1$ -változók esetében az elv nem érvényesülhet, abszolút irrelevanciájuk biztosításának alapja más — erre célszerűbb lesz később, amikor a „védelem” kibernetikai aspektusát tárgyaljuk, kitérni). Gondoljuk még egyszer át, mit jelent a minden vagy semmi elve. Mindenekelőtt a következőt: minden egyes idegsejtben és minden egyes izomrostban egyetlen — az illető idegsejtre vagy izomsejtre jellemző — változatlan minőségű és intenzitású történéstípus zajlik le; egyetlen jól kiegyensúlyozott, mondhatnám „standardizált” történéselem, mely — „mintegy kipróbáltan” — legjobban megfelel az illető ideg- vagy izomrost struktúrájának és energiaellátásának, és ugyanakkor elegendő funkciójának, az ingerület továbbításának

és átvitelének (más neuronra vagy az izomrostra), valamint az adekvát izomműködésnek ellátására. Ez a történéselem eo ipso — kialakulásának és lefolyásának feltételei folytán — abszolút irreleváns; az adiafor determinációban vitt szerepén kívül a szervezet élete szempontjából teljesen mindegy, hogy végbemegegy-e vagy nem.\*

Az abszolút irrelevanciát viszonylag legkevésbé veszélyeztetik az ugyancsak rögzített variációs dimenziók: az idői dimenzió — a megismétlődés gyakorisága (ami mindenesetre a refrakter stádium miatt korlátozott) és a téri dimenzió — az ideg- vagy izomrostok száma és elosztása. Könnyű belátni, hogy *a variációs dimenziók limitáltsága a lehetséges variációk számát nem csökkenti: a környezeti inger bármilyen gazdagságú sokféleségének az idegrendszeri reakciók (vagy reakcióegyüttesek) hasonló gazdagságú sokfélesége felelhet meg.* Ez a megfelelés fundamentális jelentőségű követelmény — amint ezt a kibernetikai elméletből tudjuk („a megkövetelt sokféleség törvénye”, ASHBY, W. R., 1956, magyar kiad. 1972, 244 o.). Megvalósulásának egyik feltétele mindenesetre az idegsejtek (és rostok), valamint az izomrostok kellően nagy száma (ez a szám, mint tudjuk, nagyon nagy, a neuronok száma kb.  $10^{10}$ ); a feltétel tehát minden jel szerint biztosítva van — éspedig annál nagyobb mértékben, minél magasabbra hágnunk a törzsejlődési létrán.

Valójában a „változatlan” történéselem intenzitásában is variálhat — jóllehet csak két érték között: *a nulla és a standard intenzitásérték (amplitúdó) között* (mindennapi terminológiában: a folyamat vagy végbemegegy, vagy nem). Hogy ez nem pusztán játék a szavakkal, a neurofiziológiai kutatásban már korán meg-

\* Megint hangsúlyozzuk: az, hogy a minden vagy semmi elvének feltehető jelentőségét bizonyos teljesítményben magyarázni igyekszünk, nem jelenti, hogy bármit is állítunk e jelenség eredetéről, keletkezéséről vagy kialakulásának feltételeiről, sőt még azt sem, hogy nincsen-e más teljesítménybeli jelentősége is — az általunk megállapítottakon kívül. Magyarázatunkkal nem ütközik tehát az, hogy elektrofiziológiai szinten a minden vagy semmi jellegű impulzusgerjesztést a receptorsejtben („spike electrogenesis”) főként az axonnak mint elektromos vezetőnek a sajátosságaiából és az információátvitel követelményeiből teszük plauzibilissé (lásd pl. GRUNDFEST, H., 1971). Mindenesetre ez csak az elv érvényesülését az idegrendszerben érinti.

mutakozott. Éspedig két formában: 1. Már régebben felismerték, hogy a neuron ingerületének átvitele egy másik neuronra vagy izomrostra két változatban történhet: *vagy megindítja* a másikban is a standard történéselemet (változó gyakorisággal), *vagy* ellenkezőleg: *gátolja* azt. Vagyis nem egyszerűen az történik, hogy „nem idézi fel” az ingerületet a másik neuronban, hanem az, hogy a lefolyást aktívan akadályozza — akkor is, ha az esetleg valamilyen más okból (valamilyen más neuronból jövő ingerület hatására) lefolynék. Néha ennek megfelelően a gátló és serkentő ellenhatások játéka indul meg. 2. Bizonyos törzsfajlódási szinten felül az ingerületi együttesben (akár idői, akár téri), mely valamilyen ingerszituáció hatására létrejön, az egyes idegrostok „nulla ingerülete” éppúgy információhordozó, mint a teljes értékű ingerület: „on” és „off” állapotok. Ennek jelentőségére — különösen az átkódolt ingerületi együttesben — még visszatérünk.

Azt mondtuk, hogy a rögzített variációs dimenziók — idői gyakoriság, téri megoszlás (együttes és minta), rostok száma — viszonylag kevésbé veszélyeztetik az abszolút irrelevanciát. Extrém értékekben azonban mégis veszélyeztethetik. Az izomrostokkal kapcsolatban említettük, hogy az igénybe vett rostok számának bizonyos korláton felüli növekedése károsodáshoz vezethet az izomban. De ugyancsak károsodáshoz vezethet a túl hosszú időn át tartó megszakítás nélküli működés is, egyrészt, mert az elhasznált energia, illetve az azt szolgáltató anyagok pótlása elégtelenné válhat, másrészt mert a melléktermékek (pl. az izomrostnál) felgyülemlenek, és, ha szabad így mondanunk, „útban vannak”. Az ártalom, mely így előáll, közismert: az elfáradás (súlyosabb formában: a kimerülés), mely az igénybevétel megszüntetése, a pihenés által helyrehozható, regenerálható. Bizonyos időtartamon túli igénybevétel után már a közönséges értelemben vett pihenés sem elegendő; időszakonként *egy radikálisabb és speciális kémelési forma* válik szükségessé: *az alvás*. Erre itt nem térhetünk ki részletesebben. Mindenesetre alvás közben az adiafor determináció — a három  $\eta$ -változó összehangolt variációi — úgyszólván szünetelnek (csak működésfoszlányok — álom, kisebb-nagyobb testmozgások — lépnek fel, de a REM-periódusok is átlagban csak 90 percenként következnek). Valójában érdekes az is, hogy effajta jelenségek, mint elfáradás, pihenés, jellegzetesen az adiafor deter-

minációt ellátó szervei rendszerekben regisztrálhatók. Még meg kell jegyeznünk: a károsodás, mely ellen a szervezet ilyen, alapján véve regeneratív módon védekezik, elsősorban csak maguknak az adiafor determinációban résztvevő szervei egységeknek a károsodása. Csak nagyon végletes formában – valószínűleg a belső integráció súlyos megromlása folytán – mehet át generálisabb károsodásba, mely adott esetben letális kimenetelű lehet (tartós alvás-megvonás).

## **21. Eredet és fejlődés. Leontyev és Zaporozsec elmélete a lelki élet fejlődéséről**

Könyvünk problémája nem a fejlődés, hanem az eredet – mégis, ha a fentiek alapján nagyon vázlatos és megközelítő képet akarnánk alkotni arról a folyamatról, mely az adiafor hatások érvényesüléséhez vezet – s így végül az érzékeléshez és az érzékelés által vezérelt viselkedéshez –, akkor először egy negatívumot emelnénk ki. Helytelen volna a fejlődésre vonatkozóan a következő elképzelés: az élő sejt olyanná válik, hogy már kis intenzitású hatások is valamilyen folyamatot vagy változást idéznek elő benne. Így válnék „érzékeny”. – Ilyen hatásokról ugyanis nagyon könnyen feltételezhető, hogy minden fejlődés nélkül „adódnak”. Azt, hogy a sejt vegykonyhájában – esetleg melléktermékként – szubsztanciák jönnek létre, melyekben a kis intenzitású fény jellegzetes átalakulást idéz elő (a karotinoidok); vagy azt, hogy gyenge kémiai hatások ugyancsak kismérvű kémiai reakciókat váltanak ki; vagy azt, hogy kífokú mechanikus hatásra a sejt kissé deformálódik, szükséges-e valamilyen „fejlődés” eredményének tekinteni? Az organizmus már csak azért sem fejlődik ilyen irányba, mert nem is tud mit kezdeni ezekkel a hatásokkal, amíg nem alakul ki valamilyen közvetítő – átalakító és felerősítő – struktúra, melynek segítségével egyfajta „célszerű” intézkedés kapcsolódik hozzájuk. Ez már a növényeknél fototropizmus formájában megvalósul, de még nem úgy, hogy a karotinoidokra gyakorolt hatás előbb valamilyen ingerületi állapotba menne át, amely az intézkedést végrehajtó képletekhez vezet. Az igazi fejlődés ezeknek az átalakító és felerősítő struktúráknak a kiképeződésére irányul. S ez valójában csak az állatoknál indul meg.

Talán az első ilyen struktúra az a különleges pigmenthalmozódás, mely a legprimitívebb állatoknál, egyes állati ostorosoknál található (stigma, szemfolt).

Az egyik ingerfésülés, a mechanikus hatás, jelentősége — főként a többsejtű állatok fejlődésében — külön figyelmet érdemel. Az adiafor hatás egyik fő jellemző vonása: intenzitásának alacsony nagyságrendje. De az állati sejt s maguk az egysejtű állatok nagyságrendje is (kevés kivételtől eltekintve) mikroszkopikus; azok a mechanikus hatások, melyek már náluk érvényesülnek — vagyis az  $\eta$ -változókat elérik — természetesen mind kiterjedésben, mind intenzitásban nagyon alacsony értékűek. Itt még meglehetősen kockázatos különbséget tenni adiafor és irreleváns hatások között. Egyik példánk az adiafor hatás illusztrálására az 1. fejezetben az volt, hogy egy porszem esik az állat kültakarójára és kissé meggömbít egy szőrszálát — ez a porszem nagyságrendben felülmúlja az amoebát, s ha reáesik vagy útjába kerül, oly mértékben deformálhatja, hogy a protoplazma-folyamatokat — legalábbis irreleváns mértékben — alterálhatja. Különösen érvényes ez az állati egysejtűekre: az állati sejt fala a protoplazma-állományt jóval hozzáférhetőbbé teszi a külső, elsősorban mechanikus hatásokra, mint a növényi sejt (vagy az egysejtű növények, pl. a páncélos ostorosok) cellulózetartalmú, viszonylag kemény fala, bár természetesen az utóbbi is nagymértékben permeábilis. Éppen ezért könnyebben elképzelhető, hogy az állati sejtben kis intenzitású mechanikus hatások ingerületi állapotot idéztek elő — főleg a többsejtűek külső, a környezettel érintkező felületén, ami végül e hatás felvételére specializálódott érzéksejtek kiképeződéséhez vezetett.

Elméleti elgondolásaink szempontjából nem érdektelen az a tény, hogy a védő struktúra a növényi organizmusoknál már a sejt szintjén megjelenik; a kifejlett (nem növésben vagy osztódásban levő) növényi sejt fala felismerhetően védő struktúra. Az állatoknál a külső sejtes védő struktúra először a többsejtűeknél (az ízeltlábúaknál) jelenik meg (kitintartalmú kutikula). Egyébként a sejtek maguk ilyenfajta védelemben nem részesülnek. Azt mondhatjuk — némi fenntartással —, hogy a növényi sejt már eleve jobban elzárkózik a külső hatásoktól, mint az állati. Talán ezzel függ össze, hogy törzsfajlásunkban nem kerül sor olyan struktúrák

kialakulására, melyek a nagyon kis intenzitású hatások érvényesülését és felhasználását lehetővé tették volna. Adiafor determináció a növény életében ennek megfelelően csak nyomokban szerepel.

Mint már korábban utaltunk rá, a páncélzatszerű védő struktúrákat (csigaház, kagyló, teknő stb.) a gerinceseknél egészen más típusú kültakaró váltja fel, a szaruanyagokat tartalmazó cutis, mely különleges, főként hőszigetelést szolgáló képződményei (pikkely, tollazat, szőrzet stb.) ellenére hozzáférhetőbb a mechanikus hatások számára. Azokat mindenesetre messzemenően redukálja, de meghagy egy adiafor hatásmaradékot. Így biztosítja az ingert a mechanikus receptor számára.

A fejlődés kérdésével kapcsolatban térhetünk ki arra a nagyon figyelemre méltó elméletre, mellyel LEONTYEV az érzékelés és általában a lelki jelenségek kifejlődését magyarázni igyekszik. Őt is megragadta a tény, hogy a törzsfejlődés egy fázisában „a szervezetek olyan hatások iránt is mutatnak érzékenységet, melyek *önmagukban* sem pozitíve, sem negatíve nem határozhatják meg e szervezetek asszimilatív tevékenységet, a szervezet és a külső környezet anyagcseréjét”. (LEONTYEV, A. N., A pszichikum fejlődésének problémái. Magyarul 1961. 47—48. o.) Példát is hoz rá: „... a béka a könnyű, halk neszek irányába fordul testével, úgy látszik tehát, érzékeny az ilyen hatásokra. Azonban a békára ható zörejek hangenergiája a szervezetben történő átalakulásának egyetlen fokán sem asszimilálódik, és közvetlenül egyáltalán nem is vesz részt az asszimilációs folyamatban. Más szóval, az adott ráhatás önmagában még nem szolgálja a szervezet életének támogatását, ellenkezőleg: az organizmus anyagának disszimilációját vonja maga után.” (Ibid. 48. o.) Utána felteszi a kérdést: „Miben fejlődik ki tehát ez esetben a szervezetek ingerelhetőségének (irritabilitásának) biológiai szerepe az ilyen természetű ráhatásokkal szemben?” Válasza: „Elsősorban abban, hogy ezekre az önmagukban közvetlenül nem életfontosságú hatásokra meghatározott folyamatokkal válaszolva, közelebb kerül az állat az életfenntartáshoz szükséges anyagok és energiák megszerzéséhez (például lehetővé válik, hogy a fűben zizegő rovarot megragadja és bekebelezze, általában megszerzeze a számára táplálékul szolgáló anyagot). Az ingerelhetőség általunk vizsgált új, magasabb formája,

amely a magasabb fejlettségű állatoknál található meg, következésképpen mindenekelőtt azért játszik pozitív biológiai szerepet, mert közvetlenné teszi az organizmusoknak az élet fenntartására irányuló tevékenységét.” (Ibid. 48 .o.) A gondolatmenetet — amint mondja — sematikusan is szemlélteti: „a biológiai evolúció bizonyos szakaszán a szervezet aktív kapcsolatba kerül olyan hatásokkal (nevezzük őket  $\alpha$ -típusú hatásoknak), amelyeknek biológiai szerepét a közvetlenül biológiai jelentőségű hatásokhoz fűződő objektív kapcsolatok határozzák meg (az utóbbi hatásokat nevezzük  $a$  típusú hatásoknak). Más szavakkal, kialakul egy olyan tevékenység, amelynek az a specifikus sajátossága, hogy tárgyát nem a szervezet életéhez fűződő saját kapcsolata határozza meg, hanem a többi sajátosságokhoz, egyéb ráhatásokhoz fűződő objektív viszony, tehát az  $\alpha$ :  $a$  viszony.” Mint látni fogjuk, ez valójában több mint sematikus ábrázolás.

A felismerés, hogy az érzékelésnél szereplő ingerek hatása önmagában, az élet szempontjából nem jelentős — ahogyan arra már a 14. fejezetben rámutattunk —, korábban is több kutatónál felmerül, részben mint magától értetődőség, részben mint elszigetelt meglátás, aperçu-szerű kijelentés („az ennivaló látványától az állat még nem lakik jól, az ellenség megpillantása még nem károsít” — és hasonló), de — és ezt ki kell emelnünk — LEONTYEVNél ez már *egy elméleti koncepcióba épül be*. (Egyébként az elméletet LEONTYEV A. V. ZAPOROZSECCel együtt dolgozta ki.) A megállapítás mindenekelőtt *fejlődéstörténeti jelentőségre emelkedik*: a fejlődés egy korábbi szakaszában az állat még csak az élet szempontjából jelentős hatásokra (melyek anyag- és energiacserejéhez szükségesek vagy azt zavarják) reagál, majd később a jelentőség nélküli hatásokra is. Ez jelzi a szerzők szerint az érzékenység (szenzibilitás) megjelenését a fejlődésben — szemben a korábbi ingerelhetőséggel (Ibid. 49. o.).

LEONTYEV megkísérli plauzibilissé tenni, hogy mi a jelentősége ennek a fordulatnak. Magyarázatának lényege: az élet szempontjából nem fontos hatások közvetlenné teszik, *közvetítik* az organizmusnak az élet fenntartására irányuló tevékenységét (pl. a békánál a rovar megragadását). Közelebbit nem mond arról, mit jelent itt a „közvetítés” kifejezés, vagy konkrétebben: mennyiben jelent többet annál, hogy „kiváltják” a tevékenységet. A „közvetítésnél”

mindig két dolog szerepel, amelyek között a közvetítés történik. Melyik az a két dolog? A fenti idézetben a szerző azt is mondja, hogy a szervezet „aktív kapcsolatba” kerül az  $\alpha$  típusú hatásokkal. „Aktív kapcsolaton” nyilván azt érti, hogy az organizmus nemcsak felveszi a hatást, hanem sajátos módon reagál is rá. Ez a sajátosság abban áll, hogy „közvetíti” (kiváltja?) az élet fenntartására irányuló tevékenységet. De közelebbit erről a tevékenységről (pl. azt, hogy nem regeneratív, hanem megelőző jellegű) sem tudunk meg. A fenti idézet második részének magva igen fontos és lényegbevágó, de kifejtése megint csak túl általános, és csak keretet ad; nem jellemzi közelebbről azt az „objektív kapcsolatot”, mely a „közvetítő”, nem életfontosságú hatás és az életfontosságú hatások között fennáll, s amelyet a szerző az  $\alpha : a$  viszonytal jelképez. Mindenesetre az, hogy egy ilyen objektív kapcsolatra utal, komoly előrelépés a teoretikus háttér feltárásában. Hiányzik tehát véleményünk szerint az elméleti elgondolásból két felismerés: 1. nem akármilyen „az élet fenntartására irányuló tevékenység”, hanem annak egy különleges típusa, az, mely itt egyáltalában szóba jöhet. 2. Nem akármilyen, hanem egy nagyon meghatározott viszony (melynek jellemzése pontokba szedhető, ahogyan ezt a 2. fejezetben tettük) áll fenn a „közvetítő”, nem életfontosságú hatás és egy másik meghatározott életfontosságú hatás között. Ezért nem derül ki LEONTYEV fejtegetéseiből a „szellemes megoldás”, melyre mi oly nagy súlyt vetettünk. A fejlődéstörténeti fordulat jellemzéséhez nem elég megállapítani, hogy egy bizonyos szakasztól kezdve a nem életfontosságú hatások is érvényesülnek, és innen kezdve az állat érzékel. Így még fél lábbal benne rekedünk az ismert és majdnem triviális megállapításban, hogy az érzékelés ingerei önmagukban sem nem ártalmasak, sem nem hasznosak, vagy hogy azok „jelzések”.

Úgy véljük továbbá, hogy a megjelölés: „életfontosságú” vagy „nem életfontosságú” (és ezeknek többi variánsa) szintén nem megfelelő. A szóban forgó hatások közötti különbségtétel nem ilyen egyszerű. Már az elmélyedt és élesebb elemzés előtt az az ember benyomása, hogy gyökeres különbség van pl. a hanginger hatása (a dobhártya, a hallócsontocskák, az ovális ablak, a labirintuszvíz stb. mozgásba hozása) és pl. olyan irreleváns hatás között, melynek következtében a vérnyomás jelentéktelen mérték-



ben emelkedik vagy csökken. LEONTYEV és ZAPOROZSEC nem tesznek különbséget a kétféle nem életfontosságú hatás, az irreleváns és az adiafor között, és nem veszik alapul az  $\eta$ -változókat. Véleményünk szerint ez az egyik oka annak, hogy egyébként jelentős meglátásaik az általános keretmegállapítások szintjén maradnak.

Az, hogy LEONTYEV az érzékelésnél számba jövő hatások adiafor jellegére nem eszmél rá, megmutatkozik abban a számunkra furcsa próbálkozásban is, hogy elméleti elgondolását az érzékelés kialakulásáról kísérletileg próbálja vizsgálni. Kiindul abból, hogy egyes az organizmust érő hatások semmiféle érzékletet nem váltanak ki, pl. a bőrfelületre eső elég nagy intenzitású, de elhanyagolható hőhatású fénysugarak (melyek egyébként a látás ingerei). LEONTYEV kérdésfeltevése: nem válhatnak-e adott körülmények között ezek a hatások is valamilyen érzékelés alapjává? Nem érzékelhetünk-e bizonyos, a feltételezett fejlődést mintegy „leutánzó” körülmények között valamit a testfelületre, pl. a tenyérre eső fénysugarak hatására? A mi feltevésünk szerint ahhoz, hogy az adiafor hatás bekapcsolódjék az életfolyamatok rendszerébe (vagyis elérje a  $\eta$ -változókat — ami egyet jelent azzal, hogy idegimpulzust váltson ki), átalakító és felerősítő struktúrák kialakulására van szükség. Aki a különböző receptorok ilyen struktúráit tanulmányozta, elképzelhetetlennek tartja, hogy néhány (vagy akár sok) kísérleti próba után ilyen struktúra kialakulhasson. Ezek morfológiai egységek, amelyeknek a kialakulásához minden jel szerint évszázazesres fejlődés szükséges. Mindenesetre LEONTYEV látja, hogy kísérleti eredményei nemcsak úgy értelmezhetők, hogy egy újfajta érzékelés állott elő. A következőket mondja: „A kérdés megvitatásához két különböző feltevésből indulhatunk ki. — Elsősorban kiindulhatnánk abból a feltevésből, hogy a kísérletek nyomán a személynél az érzékenység új formája alakul ki, és ily módon tulajdonképpen az érzékenység genezisének kísérleti analógiáját teremtjük meg. Kiindulhatunk azonban egy másik feltevésből is. Arra az álláspontra is helyezkedhetünk, hogy a kísérleti személyünkönél megfigyelt érzetek nem mások, mint a bőrcceptorok filogenetikusan ősi fotoérzékenységének termékei, amelyek rendes körülmények között a magasabb rendű receptor-készülékek kifejlődésével csupán gátolva, lefojtva vannak jelen.

E nézőpontból vizsgálva a jelenséget, azt kell mondanunk, hogy a kísérletek során voltaképpen nem az érzékenység új formájának *kialakulását* figyelhetjük meg, hanem csupán a már létező fotoérzékenység *megnyilvánulásával* van dolgunk, amely jelenség a látási észlelés lehetőségének kizárása és a sugárzási hő tevékenységének csökkenése folytán jött létre, s amely rendszerint kapcsolatos a nagy intenzitású látható sugarakkal.” (Op. cit. 116. o.). Nem tudni azt, hogy a szerző szerint mifajta „bőrreceptorok filogenetikusan ősi fotoérzékenységéről” van szó. Nincs tudomásunk arról, hogy a bőrben található tapintási, hő- és hideg-receptorok ősi fokon fényérzékenyek lettek volna. Viszont másfajta, érzékenységüket elvesztett receptorokat – vagy képződményeket, melyek ilyeneknek minősíthetők – a gerincesek bőrében nem regisztráltak. A fotoreceptoroktól, úgy véljük, élesen el kell választani a bőrben levő kromatofor sejteket, melyek a fény hatására átcsoportosulnak (vándorolnak) vagy kémiaiilag átalakulnak; ezek ugyanis nem átalakító vagy erősítő rendszerek, nem transzformálják a fényhatást idegimpulzusba. Egyes alacsony rendű állatok (bizonyos gyűrűsféreg) bőrében valóban található diszkréten elszórt fényreceptorok, de ez még nem jogosít fel arra, hogy a bőr „filogenetikusan ősi fotoérzékenységéről” beszélhessünk. Véleményünk szerint LEONTYEV kísérleti eredményeit – melyeket újabb kísérletek is megerősíteni látszanak (GOLDBERG, I. M., 1963) – csak úgy lehet magyarázni, hogy a fény hatása valamilyen módon átvivődik valamelyik bőrreceptorra. És itt – ahogy W. L. MAKOUS (1968) is rámutat – elsősorban a hőreceptorok jöhetnek számításba. MAKOUS szerint a hőhatásokat LEONTYEV csak látszólag iktatta ki, minthogy a puszta fény, amikor a bőr elnyeli, energiát ad át a bőrnek, mely hőenergiává alakulhat át (MAKOUS, W. L., *ibid.* 280. o.). Ugyanakkor az emberi bőr érzékenysége a hőfok változása iránt rendkívül finom: bizonyos körülmények között  $0,001^{\circ}\text{C}$  változást (egy másodperc alatt) már észlelni tudunk (HENDLER, E., HARDY, J. D. és MURGATROYD, D., 1961). A kísérlet egyébként akkor is, ha csupán ezt a lehetőséget bizonyítja, igen figyelemre méltó.

Elgondolkodtatók továbbá LEONTYEVnek azok azok az érdekes fejtegetései, melyekkel a következő kérdésre válaszol: „Mi az alap-

vető feltétele annak, hogy az állatoknál kialakuljon az érzékenység, és kifejlődjenek az érzékszervek?” (Ibid. 52. o.) LEONTYEV szerint feltételezhető, hogy az érzékenység kialakulásában a döntő mozzanat az egynemű környezetben való életformáról a bonyolultabb környezetben, a diszkrét tárgyak környezetében folyó életre való áttérés volt, áttérés az alaktalan táplálékfajtától a tárgyszerű táplálékfajta. Mindenesetre nem egészen világos, hogy a tárgyszerű táplálékfajta (ahogy mi neveztük: a darabos táplálékfajta) való áttérés hogyan lép be mint tényező a fejlődésbe. Egy ponton a szerző fejtegetései olyanok, hogy jó kiindulópontul szolgálhatnának az elmélet pontosabb kiépítéséhez: „A kialakult, formát öltött test, mielőtt kémiai sajátosságaival hatna a szervezetre (pl. a táplálékanyag) mint rugalmassággal, terjedelemmel, térfogattal rendelkező test, egyéb tulajdonságain keresztül gyakorol hatást. Ez az állat részéről megteremti a környezethez fűződő közvetett kapcsolatok objektív szükségszerűségét.” (Ibid. 52. o.) De mindaz, ami ezután következik, ugyancsak túl általános; a fejtegetésekben a „kölcsonhatás”, a „tükrözés”, az „objektív kapcsolatok” és más hasonlóan általános jellegű fogalmak dominálnak. Természetesen az organizmus és a környezet kölcsönhatása a fejlődés egészében fontos tényező, de az itt számba jövő konkrét eseteknek legalábbis egy részében nincs szerepe. A közeledő holt tárgyról fénysugarak érkeznek az állat látóapparátusába, és így hatást gyakorolnak rá – mire az állat kitér a tárgy mozgási pályájából. Itt nyilván nincs kölcsönhatás; csak a tárgy gyakorol hatást (fénysugarak közvetítésével) az organizmusra (hogy elkerülje a tárgy egy további káros hatását), de ő maga nem hat vissza a tárgyra (csak játék volna a szavakkal, azt állítani, hogy a tárgy kikerülése is bizonyos értelemben „hatás” a tárgyra). A „tükrözés” szó túlságosan képletes. Ez lehetővé teszi, hogy LEONTYEV azt is egyfajta „tükrözésnek” minősítse, hogy a fény hatására a növényi sejtekben energia tárolódik. A „tükrözés” általános fogalma a pszichológiában csak akkor használható, ha azt konkrétan meghatározzuk (ahogyan azt korábban magam megkíséreltem, KARDOS, L. 1965, 94. o.). Az „aktív kapcsolat” túl általános jellegéről már szóltunk.

Inkább odavetve, mint részleteiben kifejtve LEONTYEV több helyen utal az  $\alpha : a$  viszonyra arra a mozzanatra is, mely külö-

nösen PAVLOV tanításai óta, közelfekvő: „ $\alpha$ ” jelzi az „ $a$ ”-t. Azt mondja pl.: „Ezek a hatások . . . összekapcsolják a szervezetet más hatásokkal, egyszóval bizonyos jelző funkciók ellátása útján tájékoztatják a szervezetet a környezetben” (ibid. 49. o.). Úgy hisszük azonban, hogy a korábbiakban sikerült bizonyítanunk: a jelző funkcióra való hivatkozás tényszerűen jogosult ugyan, de a mélyebb összefüggéseket inkább elfedi, mintsem feltárja – azáltal, hogy, különleges fogalmi szerkezete folytán önmagában magyarázatnak tűnik, pedig nem az, sőt maga is magyarázatra szorul. Értékelnünk kell LEONTYEV okfejtéseiben, hogy nem mindjárt kiindulásaiban hivatkozik a jelző funkcióra.

LEONTYEV és ZAPOROZSEC elmélete jól demonstrálja számunkra azt, amit már korábban is hangsúlyoztunk: az érzékelés eredetének problémája nem közelíthető meg eredményesen úgy, hogy megvizsgáljuk az érzékelés ingereit és felismerjük, hogy azok önmagukban biológiailag semleges hatások, sem úgy, hogy ráeszmélünk arra, hogy ezek az ingerek és az érzékletek „jelzések” – jelzései valaminek, ami környezetünkben jelen van vagy végbemegy, vagy valaminek, ami küszöbön áll, esedékes, bizonyos valószínűséggel bekövetkezik. Így csak jól ismert, majdnem magától értetődő összefüggésekhez, vagy a mindig újra felbukkanó jel-elméletek egyik változatához (az érzékletek „jelek” – már HELMHOLTZNÁL) jutunk el, amelyek mindeddig elégtelen magyarázatoknak bizonyultak. Egészen másfajta megközelítésre van szükség. *Először* – minden utalás nélkül az ingerekre, érzékletekre vagy általában a lelki jelenségekre – *fel kell ismernünk egy sajátos biológiai problémát, mely az életműködések egy típusának a determinációjára vonatkozik; ennek megoldását, az adiafor determinációs skémát* – megint csak minden utalás nélkül a fentiekre – *pontosan ki kell dolgoznunk, majd meg kell néznünk, hogy az organizmusok életében ez a logikailag szükségszerű és biológiailag nagyon plauzibilis megoldás ténylegesen megvalósul-e és milyen formában. Azonos-e, mint előre feltehető, ez a megvalósulási forma az érzékeléssel vagy annak valamilyen fejlődéstörténeti előfokával?* Ebben a feladatban van döntő szerepe a tényekkel való konfrontációnak, az ingerek, az érzékletek s az általuk vezérelt intézkedések, a viselkedés konkrét vizsgálatának. Munkánkban ezt az utat jártuk

## 22. Az információ felhasználásának elvi lehetőségei: a közös kauzál-kondicionális eredet „kiderülése” és a cselekvés kapcsolódása az információhoz

Elméleti elgondolásaink még egy ponton meglehetősen eltérnek a LEONTYEV – ZAPOROZSEC-féle elmélettől. Mint mondtuk, az adiafor determinációs szkéma kialakulása egymagában még nem jelenti az érzékelés megjelenését – még kevésbé jelenti ezt a „nem életfontosságú környezeti hatások aktív kapcsolata az organizmussal” vagy „az ingerek jelző funkciója”. A 16. fejezetben megállapítottuk, hogy az érzékelés megjelenéséhez még egy lépésre van szükségünk: át kell térni a jelző funkcióról az információs funkcióra. Erről a funkcióról ott azt mondtuk: az eredetileg meghatározó jelentőségű biológiai vonatkozások funkcionálisan elkülönülnek és fogalmilag mintegy „kiszorulnak”: információt kapunk a környezeti mozzanatokról – függetlenül attól, hogy azok az adott szituációban valamilyen biológiailag releváns esemény antecedensei-e vagy nem, és függetlenül attól is, hogy az információ valamire „szolgál-e”, pl. előhív-e valamilyen organikus intézkedést (cselekvést) vagy nem.

Ennek a felismerésnek azonban nem szabad elhomályosítani az alapvető ténytet; az információs viszony kialakulása és fennállása mégis annak köszönhető, hogy 1. az információról elvben mindig kiderülhet, hogy speciális kauzál-kondicionális viszonyban van (vagy ilyenbe kerülhet) valamilyen biológiailag releváns eseménnyel; ez a viszony, mint már kifejtettük: *a közös kauzál-kondicionális eredet* (az információ az illető biológiailag releváns esemény „előhírnöke”, „előjele”, feltétele, valószínűsítője és hasonlók). 2. Az információ elvben mindig kiváltójává, megindítójává válhat valamilyen intézkedésnek, mely az illető biológiailag releváns eseménynek elhárítóan vagy előmozdítóan elébe vág. A két mozzanat összefüggése nyilvánvaló: az előhívott intézkedésnek az 1. pont megvalósulása nélkül nincs biológiai értelme.

Nézzük először az első feltételt. Miben állhat az említett „kiderülés”? Pontosan abban, amiben a gondolkodó ember számára is áll: *az adott adiafor hatást, illetve az annak nyomán előálló információt bizonyos gyakorisággal és bizonyos idői távolsággal valamilyen biológiailag releváns esemény követi.* Ezt a szituációt

először a kondicionálás, a feltételes reflex kutatásának nagy úttörői, PAVLOV és BEHTYEREV vizsgálták. Valóban az derült-e ki ezekben a szituációkban, hogy az adott információ (feltételes inger) és a biológiailag releváns esemény (ennivalóhoz jutás, áramütés) közös kauzál-kondicionális eredetűek? A helyzet megtévesztő: van a semleges ingernek (pl. a metronom hangjának) valamilyen, a jelenség természetéből folyó köze ahhoz, hogy az állat szájába ennivaló kerül vagy lábát áramütés éri? A jelenség „természetéből folyó köze” valóban nincs, de nagyon is van másfajta „köze”: egy meghatározott személy, amikor felidézi és hallja a metronóm-ütést, ennivalót ad az állatnak vagy áramot applikál a lábára, vagyis *ugyanaz a személy, aki „okozza”, hogy a semleges inger megjelenjék, „okozza” azt is, hogy az ingert követően a biológiailag releváns esemény bekövetkezzék. A közös kauzál-kondicionális eredet a klasszikus kondicionálásnál tehát egy ember, a kísérlet-vezető személyén keresztül valósul meg.*

Az okozati kapcsolat artificciálisnak, mesterkéltnek tűnhetik, de ez a mesterkélttség nem valamilyen feltétele a kondicionálásnak. Feltételes reflex akkor is előállt, mikor csak az ennivalóval közeledtek az állathoz; ez esetben az ennivalóról visszavert fénysugarak (vagy a róla felszálló gáznemű anyagok) a közeledő táplálék „tárgyi természetéből” kifolyólag előzik meg a biológiailag releváns eseményt, a tápláléknak a szájba kerülését. (Lásd ehhez a 14. fejezetben elmondottakat!)

A „kiderülés” speciális következményekkel járt, amelyek az információ jelentőségével kapcsolatos alaptény 2. pontjával függenek össze: *az információhoz hozzákapcsolódnak azok a reakciók és viselkedésformák, melyeket a vele közös kauzál-kondicionális eredetű biológiailag releváns esemény előhív* (nyáleválasztás, láb-visszarántás stb.). Pontosabban: *ezek a reakciók „előrekapcsolódnak” az információhoz mint „előhírnökhöz”.*

A fenti elgondolás megítélésénél irreleváns az, hogy hogyan áll elő (technikailag) a kapcsolat; egyszerűen azon alapszik-e, hogy a „kiderülésnél” szükségszerűen „megrendeződik” az összekapcsolandók (az információ és a cselekvés) találkozása, idői érintkezése, és a „kiderülés” csak megerősíti az így létrejött kapcsolatot, vagy a kapcsolat a „kiderülés” kizárólagos műve. A lényeges egyelőre csak az, hogy a „kiderülésnél” *az információhoz cselekvés*

*kapcsolódik.* Ezt az alapvető tényt a feltételes reflex demonstrálja legegyszerűbb formában. Később majd felismerjük és részletesebben tárgyaljuk azt a mechanizmust, melynek közvetítésével a „kiderülés” a kapcsolatot felerősíti és tartóssá teszi.

Kissé bonyolultabb, de talán még pregnansabb módon demonstrálja ezt úgyszólván minden kísérlet, melyet THORNDIKE óta az állati tanulásról végeztek. Nézzük mindjárt magát a klasszikus kísérletet. A ketrecbe zárt éhes macska, mely a rácson keresztül az ennivalót látja, sorra produkálja a különböző viselkedésformákat, melyeknek egyike végül különleges eredménnyel jár: az ajtó kinyílik, az állat az ennivalóhoz mehet és megeheti. Miután néhányszor a különböző viselkedésformák végzése („próbálkozások”) során ez a „sikerrel” járó viselkedés megjelent, és az állat ennivalóhoz jutott, az állat „megtanulta” a ketrecből való kijutás módját. Ez azt jelentette: amint a ketrecbe tették, minden próbálkozás nélkül a „siker” viselkedést produkálta: egyenesen odament az ajtónyitó szerkezethez s azzal a megfelelő műveletet végezte el.

Először megvizsgáljuk, hogy ebben a kísérletben is „kiderül”-e a közös *kauzál-kondicionális eredet valamilyen biológiailag releváns esemény és valamilyen érzéketli információ között.* A példa azért is jó, mert demonstrálja, mennyire rejtett lehet ez a mozzanat, és az elméletileg nem jól előkészített megfigyelés számára milyen könnyen elsikkadhat. A biológiailag releváns esemény ez esetben nyilvánvalóan a táplálékhoz jutás. Ez az organizmus segédletével (megfelelő cselekvés eredményeként) bekövetkezik – de bizonyos *feltételei* a környezetben adva vannak: a táplálék a ketrec közelében van, a ketrecnek ajtaja van, egy ajtónyitó szerkezet (pl. fogantyú) van valahol a ketrecben. Ez az értelmezés talán megint erőszakosnak vagy mesterkéltnek tűnik: a fogantyú jelenléte és a táplálékhoz jutás között semmiféle, a tárgyak természetéből folyó összefüggés nincs. De ez a benyomás abból származik, hogy *az egyik mozzanatot (a fogantyú jelenlétét) csak egy, az ember által megrendezett (és ezért „mesterkelt”) szituáció teszi a másik mozzanattal (a táplálék bejutása az állat testébe) feltételévé* – egyébként („saját természetüknél fogva”) valóban nincs összefüggés közöttük. Visszatérve a felsorolt „feltételekhez”, megállapíthatjuk, hogy *ezek mindegyike* – a ketrec közelében elhelyezett táplálék, az ajtó,

a fogantyú – *egyúttal feltétele bizonyos adiafor folyamatoknak is*: fénysugarakat vernek vissza, esetleg gáznemű anyagokat bocsátanak ki és küldenek az organizmushoz; ezek közvetítésével az organizmus információt kap az illető feltételekről (az érzékleti összképben reprezentálva van az enivaló, az ajtó és az ajtónyitó szerkezet). A közös kauzál-kondicionális eredet az információ és a biológiailag releváns esemény között világosan áll előttünk.

A közös eredet „kiderülése” itt is abban áll, hogy *a jellegzetes érzékleti összkép megjelenését* – a helyes cselekvés vagy cselekvéssor elvégzése esetén – valóban *egy biológiailag releváns esemény követi*. Mégis ezúttal nem minden további nélkül érthető, hogy ebben az egymást-követésben éppen a közös kauzál-kondicionális eredet derül ki – az információ és a biológiailag releváns esemény között. Ami a megértést kissé megnehezíti, az az, hogy *a közös kauzál-kondicionális eredet ez esetben csak akkor valósul és mutatkozik meg, ha az állat speciális módon cselekszik*. Meg kell azonban gondolnunk: az, hogy „a” feltétele „b”-nek, szigorú értelemben nem azt jelenti, hogy ha „a” megjelenik, a „b” mindenkor követi – hanem gyakran csak azt: az „a” megjelenését, *ha még más feltételek is megvalósulnak* (pl. az állat valamely cselekvése), a „b” követi. Egy mozzanat feltételjellege gyakran csak akkor derül ki, ha még más feltételek is adva vannak. Az éppen vizsgált ún. instrumentális tanulásnál az egyik ilyen járulékos feltétel: az állat valamilyen cselekvése. A klasszikus kondicionálásnál ez a feltétel nem szerepelt: a feltételes inger és az enivalóhoz jutás közös kauzál-kondicionális eredete (a kísérletvezető személyén keresztül) az állat mindenfajta cselekvése nélkül megmutatkozott.

Már THORNDIKE, a kísérlet kezdeményezője, az elért „tanulás” lényegét abban látta, hogy egy „kapcsolat” jön létre a ketrecben levő állatra jellegzetesen ható ingerek, illetve az azok nyomán előálló jellegzetes érzékleti információ és egy cselekvés között, melynek eredményeként az állat enivalóhoz jut. A „kiderülés” nyomán tehát itt is valamilyen cselekvés kapcsolódik az érzékleti információhoz, mely a biológiailag releváns eseménnyel közös kauzál-kondicionális eredetű – ugyanúgy, mint a kondicionálásnál; s ezzel az alaptény 2. pontja is beigazolódik. Mégis az itt létrejött kapcsolat információ és cselekvés között egy ponton nagyon különbözik attól, amely a klasszikus kondicionálásnál



létrejön. Az utóbbinál az információhoz (a feltétes inger által felidézett érzéklethez) az a cselekvés kapcsolódik, melyet a biológiailag releváns esemény (általában ősi kapcsolat alapján) előhív (pl. a végtag elrántása). Az instrumentális tanulásnál: az a cselekvés kapcsolódik a (helyzetről nyert) információhoz, *melynek segítségével a közös kauzál-kondicionális eredet éppen kiderül*. A cselekvés e kiderülés „instrumentuma” — innen az elnevezés. Az egyiknél a kapcsolatba beépülő cselekvés eredetileg a biológiailag releváns esemény *után* jelenik meg, a másikinál szükségszerűen *előtte*. (Itt most eltekintünk attól a kérdéstől, hogy az instrumentális tanulásnál mi váltotta ki eredetileg — a tanulás előtti időszakban — a cselekvést, illetve a próbálkozásokat; egyébként egyetértünk SKINNERrel abban, hogy ezek ún. operáns viselkedésformák, melyeket nem külső ingerek hívnak elő, vagyis spontán jellegűek. És eltekintünk attól a bonyolult és csodálatos tényről is, hogy az érzékleti összkép, melyet az állat a ketrecben nyer, variálhat aszerint, hogy az állatot a ketrec mely pontján teszik le, és mégis mindegyik variáció előhívja azt a cselekvést, melynek eredményeképpen az ajtó kinyílik.)

A THORNDIKE-i típusú instrumentális tanulásnál (vagy ahogyan SKINNER nevezi, az operáns kondicionálásnál) az állat cselekvése valamilyen *szerkezet* segítségével teszi lehetővé a biológiailag releváns esemény bekövetkezését (a SKINNER-féle ketrecben is). De egy ilyen szerkezet közbeiktatása nem szükségszerű. A közös kauzál-kondicionális eredet itt is — mint a klasszikus kondicionálásnál — megvalósulhat *egy ember* (a kísérletvezető) *személyén keresztül*. Már THORNDIKE utalt arra, hogy a macska adott jelre olyan (semmiféle szerkezetet működésbe nem hozó) cselekvésformát is megtanul, mint pl. azt, hogy megnyalja valahol a testét — ha azt a kísérletvezető néhányszor ennivalóval jutalmazza. Ezt több klasszikus kísérletben ténylegesen demonstrálták: a tengerimalac megtanulta, hogy egy berregő hangra valamelyik oldalra fordítsa a fejét; az eljárás egyszerű volt: amikor az állat néhányszor véletlenül az illető oldalra fordította a fejét, jutalmat kapott (GRINDLEY, G. C., 1932). Vagy: a kutya megtanulta, hogy egyik lábát a feltételes ingerre felemelje. De a kísérletben nem várták meg, amíg az

állat a feltételes ingerre véletlenül a lábát felemelte; a kísérlet-vezető maga emelte fel és hajlította be, s utána ennivalót adott az állatnak. A mozdulatot az állat később a feltételes ingerre maga végezte el (KONORSKY, G. és MILLER, S., 1937).

Még bonyolultabb és rejtettebb „a közös kauzál-kondicionális eredet kiderülése” a lokomóciós tanulásnál — vagyis: amikor az állat azt tanulja meg, hogy egy adott helyről egy másik helyre, ahol szükségletének megfelelő céltárgyat talál, eljusson. Tulajdonképpen ez az állat igazi, természetes tanulása; a többi instrumentális tanulási forma valójában mesterkéltné, az állati élet gyakorlataitól idegen. Ezt a tanulási formát is csak problémánk szempontjából elemezzük. Szemléltetésül vegyük az útvesztő-tanulást. Mint ahogyan THORNDIKE kísérletében az ennivalóhoz jutás (a biológiailag releváns esemény) feltételének tekintettük az ajtó és az ajtónyitó szerkezet jelenlétét, ugyanúgy az útvesztőtanulásnál hasonló feltételeknek tekinthetjük az útelágazásokat, és azt, hogy azok egyik szára „szabad út”, mely vagy egy legközelebbi útelágazáshoz vagy az ennivalóhoz vezet. Tehát az *útelágazásokról érkező ingerek* (az adiafor hatások) és a *végző ennivalóhoz jutás* (a biológiailag releváns esemény) *közös kauzál-kondicionális eredetűek*. Azoknak, akik ebben valamiféle logikai mesterkedést látnak, hangsúlyozzuk: a fogalmakat pontosan a tartalmuk szerint használtuk, különösen a „feltétel” fogalmát; és sehol sem a képletes beszéddel való valamilyen visszaélésről van szó. — Mindenesetre a tényállás a lokomóciós tanulásnál azért is bonyolultabb, mert itt több történik, mint kapcsolatok kialakulása — tehát több, mint a manipulációs tanulásnál. S ez összefügg azzal, hogy az állat elsősorban lokomóciós teljesítményeiben fejlődik: a lokomóció megtanulását és vezérlését — bizonyos törzsfajlódási szinten felül — egy magasabb rendű mechanizmus, melyben az emlékezet játssza a fő szerepet, messzemenően tökéletesíti. De felfogásunk szerint a kapcsolatok kialakulása érzékleti információk és cselekvések között a tulajdonképpeni alaptény, melyre a további tényezők hatékonysága mintegy ráépül (KARDOS L., 1959).

Az instrumentális tanulás kutatói véleményünk szerint elméletileg nem egészen helyes irányba orientálódtak, amikor a tanulás alapfeltételét keresve azt hangsúlyozták: *a cselekvést megerősítés*

(a biológiailag releváns esemény — a „megerősítésről” később még részletesebben szó lesz) *követi*. Ez igaz — de, *ami elméletileg lényeges, az nem ez az egymásra következés*; a cselekvés csak feltétele egy másik lényeges egymásra következésnek: *a szituációról nyert információt (a cselekvés közvetítésével) egy biológiailag releváns esemény követi*.

Röviden kitérünk egy extrém változatra. Megtörténik, hogy amikor az állat adott szituációban vagy adott jelre valamit tesz, egyszer vagy néhányszor *véletlenül* valamilyen biológiailag releváns esemény következik be (pl. enivalóhoz jut). A „véletlenül” többek között azt jelenti: az adott szituációról vagy jelzésről nyert információnak és a biológiailag releváns eseménynek nincs közös kauzál-kondicionális eredete. Mégis az illető cselekvés hozzákapcsolódhatik az információhoz. Találón nevezte SKINNER ezt a változatot „babonás” viselkedésnek (SKINNER, B. F., 1948). Az organizmust a véletlen „félrevezeti”. Az emberek babonás viselkedésének sok esetben ugyanez az alapja (bár a jelenség eredete legtöbbször ennél sokkal bonyolultabb).

A kondicionálásnál, mint láttuk, a kapcsolat létrejöttének szempontjából nem volt jelentősége annak, hogy a biológiailag releváns esemény pozitív vagy negatív jellegű. Ezzel szemben az instrumentális tanulás elemzésében eddig csak pozitív esemény szerepelt: a cselekvés járulékos feltétele volt annak, hogy az érzékleti információval közös kauzál-kondicionális eredetű pozitív esemény bekövetkezzék. Egészen más a helyzet, ha a cselekvés következtében az állatot károsodás éri (pl. rálép az elektromos árammal töltött padlóra). Ez esetben természetesen a cselekvés nem kapcsolódik az adott információhoz. De valójában ennél több történik: egyfajta „ellenkapcsolat” áll elő. A cselekvés, melynek eredményeként a negatív esemény bekövetkezett, általános gátlás alá kerül — ami azt jelenti: az állat akkor sem végzi el, ha egyébként valamilyen tényező (külső információ vagy belső körülmény) egy korábban kialakult kapcsolat alapján előhívna. A pszichológusok ilyenkor elkerüléssel tanulásról beszélnek (avoidance learning): *az állat megtanulja, hogy ne tegye azt, ami*

*károsodáshoz vezet.* Megint csak az ilyen „ellenkapcsolat” elvi alapjait szögeztük le – anélkül, hogy az elkerüléssel tanulás különleges problematikájába elmélyednénk.

Az, amit „ellenkapcsolatnak” neveztünk, egy másik nagy jelentőségű formában is manifesztálódhat. Az életszituációk megváltozhatnak – olyan értelemben, hogy az információ és a biológiailag releváns esemény közös kauzál-kondicionális eredete a cselekvés közvetítésével nem áll fönn többé, és így nem is „derülhet” ki (pl. az ajtónyitó szerkezet a ketrecben elromlik, s a fogantyú lenyomására az ajtó nem nyílik ki többé). Tudjuk jól, mi ennek a változásnak a következménye: előbb vagy utóbb a kapcsolat gátlás alá kerül, az illető érzékleti információ a hozzátanult viselkedést nem váltja ki többé. Az ellenkapcsolatnak ez a formája: *a kioltás.*

A kioltás különleges problematikájára – pl. arra, hogy milyen idegrendszeri mechanizmus alapozza meg, vagy egyáltalában hogyan lehetséges, hogy valaminek az „elmaradása” gátlólag hathat – nem térünk ki. De mindannak alapján, amit eddig kifejtettünk, leszögezzük a következőket: 1. *Az érzékleti információhoz elvben mindig kapcsolódhat valamilyen reakció vagy cselekvés.* 2. *Ez a kapcsolódás azonban elvben mindig változtatható, nem merev és végleges, nagyjából (és kisebb-nagyobb idői lemaradással) igazodik az életszituációk kauzális szerkezetének változásaihoz. Ezt a „laza” kapcsolódási formát, a szét- és átkapcsolódásnak ezt a lehetőségét külön hangsúlyozzuk, mert ez további feltétele annak, hogy az adiafor információ pszichikus jelleget ölt-e vagy nem.* Állításunkat jól demonstrálja az az eset, amikor a kapcsolódás bizonyos fokig megmerevedik. Ilyen a feltétlen reflex. A feltétlen reflex lefolyásában háttérbe szorul a determináció pszichikus jellege. A reflexet nem úgy éljük át, mint ami pszichikusan determinált. Az ingerhatás, amely kiváltja (pl. a pillacsapásos reflexnél) általában bizonyos érzékletet is felidéz, de ez az érzéklet inkább csak melléktermék – nem éljük át a reakció kiváltójaként. PAVLOV következetesen járt el, amikor a feltétlen reflex esetében sohasem beszélt kiváltó érzékletéről, csak kiváltó ingerről. *A determináció pszichikus jellege minden automatizálódásnál fokozatosan elmosódik.*

Úgy tűnik tehát, hogy az információ és a cselekvés kapcsolatában más – sőt látszólag ellentétes – elv érvényesül, mint a valóság-mozzanatok és az információ kapcsolatában. Az utóbbinak alapja

az egy az egyhez – vagy megközelítően egy az egyhez – hozzárendeléses viszony. Az előbbinél a kapcsolódás bizonyos „laza-sága”, „átbillenthetősége”, „átkapcsolhatósága”, „szabadsága” – a követelmény. Mind a két követelmény biológiailag megalapozott. Az első nyilván összefügg a valóság hú leképezésével, amely nélkül a cselekvés helyes irányítása lehetetlen volna. A második követelmény összefügg az organizmus változó biológiai érdekeivel és a környezeti konstelláció változásaival, melyeknek során ugyanaz a valóságmozzanat különböző biológiai jelentőséget nyerhet. A „laza” kapcsolódás és „átbillenthetőség” a szigorú determinizmus értelmében úgy valósulhat meg, hogy *az információk az adott külső és belső konstellációk szerint különböző, vektoriálisan együttható egységekbe zárnak össze, új hatásegységekbe szerveződnek.* Ez elvárhatóan az információk pszichikus jellegében is megmutatkozik, éspedig abban a mozzanatban, melyet az alakpszichológusok hangsúlyoztak. Egyetértünk az alakpszichológusokkal abban, hogy az új és sajátos egészekbe való szerveződés lehetősége a pszichikus jelenségvilág lényeges mozzanata. Amit itt hozzáfűzünk, az az, hogy ez a lehetőség a valóság leképezésének vagy tükrözésének hűségét nem alterálja, csak szabályozza annak cselekvésdetermináló hatékonyságát. Ezt a mozzanatot az alakpszichológusok nem hangsúlyozták.

A kapcsolódásnak ez a „szabadsága” talán összefüggésbe hozható – neurofiziológiai szinten – azokkal a nagyon jelentős tényekkel, melyeket a szinapszisok kutatása az utolsó évtizedekben felderített. Nyilvánvaló, hogy a „szabadságot” és „átkapcsolhatóságot”, melyet információ és viselkedés között feltételeztünk, valamilyen módon az afferens neuron és a motoneuron (és egyáltalában a neuronok) szinapszisének sajátossága alapozza meg. Az eddigi adatokból a legnagyobb óvatosság mellett is megállapítható, hogy a szinaptikus ingerület-átvitel, az EPSP és az IPSP („excitatory” és „inhibitory postsynaptic potential”), a szinaptikus végbunkók és az abban levő, átvivő anyagokat tartalmazó és kisülő vesiculák számától függően, könnyen „átbillenhet” küszöb alatti értékről küszöbértékre és megfordítva. Ha a vesiculák száma „n”, akkor annak a valószínűsége, hogy közülük „x” az átvivő anyagokat kibocsátja és átküldi a szinap-

tikus résen, vagyis „ $P_x$ ”, a következő képlettel adható meg:

$$P_x = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x},$$

ahol „ $p$ ” az egyes vesiculák kisülésének valószínűsége (mely feltehetően minden vesiculára nézve ugyanazon a szinaptikus végbunkón belül egyenlő), „ $q$ ” =  $1 - p$  és  $\binom{n}{x}$  a binomiális ko-

efficiens:  $\frac{n!}{x! \cdot (n-x)!}$ . Így az EPSP és IPSP értéke a külön-

böző alkalmakkor a binomiális eloszlásnak megfelelően variál (GRIFFITH, J. S., 1971., 23. o.). Ilyen értelemben beszélnek egyfajta inherens, a szerkezet természetéből folyó variabilitásról, illetve „a determinizmus hiányáról” a neuron beérkező és kimenő hatásértékeinek viszonyában („an intrinsic variability or lack of determinism in the input-output relations of the neurone” – GRIFFITH, J. S., 1967., 43. o.). A determinizmus e „hiányát” azonban helyesen kell értelmeznünk. Emlékeztetünk arra, ahogyan PAVLOV a feltételes reflexet értelmezte: ugyanolyan törvényszerű, mint a feltétlen reflex, csak egy újabb feltételhez kötött (helyesebben: átkapcsolódott). De a feltételek száma messzeemenően növekedhet (a „feltételes reflex” csak az első lépés), és egy bizonyos fokú növekedésnél „minőségi ugrás” áll be: megjelenik a kapcsolódás „szabadsága”. A kimenő hatásérték „bizonytalansága” („uncertainty of output”) csak látszólagos, mert a feltételek száma, mely a kisülő vesiculák számát meghatározza, igen nagy és egyelőre áttekinthetetlen.

A 16. fejezet végén megállapítottuk, hogy a jelző funkcióról az információs funkcióra való áttérés a fejlődés ugrópontja – az állati életben megjelenik a lelki, a pszichikus jelenség. Most kiemeljük: az áttérésnél az információ további funkciója is – jóllehet fokozatosan – megváltozik; egyre kevésbé szerepel úgy, mint pusztán „jeladás” a cselekvésre. Minél magasabb rendű organizmusokról van szó, annál inkább azt mondhatjuk, hogy az organizmus „választ” a viselkedési lehetőségek között, a cselek-

vést egyfajta „döntés” előzi meg. A teljesen merev kapcsolat végül csak a reflexek formájában marad fenn.

Bár az információ által, döntés alapján vezérelt cselekvés a magasabb rendű, pszichikus determinációs forma, mégis az organizmusok életében és fejlődésében bizonyos tendencia tapasztalható a determináció átmeneti és részleges megmerevedésére, egyfajta visszatérésre a pusztán jeladással kiváltott cselekvésre. Ilyen az automatizálódás, a ritualizáció, az embernél a „szokások” kialakulása — mindezekben megfigyelhető az információ és ezzel együtt a pszichikus irányítás szerepének lecsökkenése, visszatérés a pusztá jeladással, „döntés” nélkül kiváltott cselekvésformákhoz. A jelenség magyarázatának itt csak a fő pontjára mutatunk rá: a „választás” és a „döntés” a neuronális történésekben — időigényes folyamatok; ha mármint a cselekvésformák, melyeknek lefolytatásában ugyanazok az információk, az információ feldolgozásának ugyanazok a módjai és ugyanazok a döntések szerepelnek, gyakran megismétlődnek, akkor a választás és a döntés mintegy feleslegessé válnak és nagyrészt kiesnek. A cselekvés kiváltása és lefolytatása ezzel felgyorsul, ami különösen akkor, amikor a cselekvés „biológiai sürgőssége” nagy (amikor pl. a gyorsan felénk közeledő járművet bizonyos közelségből megpillantjuk, „reflexszerűen” kiugrunk a sínek közül — itt úgyszólván nincs „választás” és „döntés”). Hogy az információ-feldolgozás és döntés milyen idővesztést jelent, már DONDERS óta tudjuk a reakcióidő méréseiből választásos helyzetekben — de különösen az újabb idevágó, már információelméletileg orientált kutatásokból.

### 23. A megelőző cselekvés „célirányossága”. Sommerhoff elmélete

Fejtetéseinknek sehol sem volt az a célja, hogy a megelőző intézkedések (cselekvésformák) különleges „célszerűségét”, „célirányosságát” („purposiveness”) megmagyarázzuk. Csak annyit igyekeztünk kimutatni, hogy amennyiben az organizmusok életében egy bizonyos típusú életmegnyilvánulás, a megelőző intézkedés, fellép, úgy azt a környezet kauzális szerkezetének meg-

felelően, biológiailag értelmesen csak az adifor determinációs szkéma alapozhatja meg. Kérdésünk valójában az volt: *hogyan lehetséges megelőző intézkedés?* Ez a megelőző intézkedés éppúgy „célszerű”, „cél szolgáló”, az élet fenntartását szolgáló történes, mint minden más folyamat, mely az organizmusban végbemegy (mint pl. a regeneratív folyamatok, melyeket a megelőző intézkedésekkel éppen szembeállítottunk). Távol állott tőlünk az, hogy az adiafor determinációs skémában az életfolyamatok általános célirányosságának (purposiveness) valamilyen elvét lássuk. Sőt kifejezetten rámutattunk arra, hogy az élőlények egyik nagy birodalmában, a növényvilágban, az adiafor determinációnak semmilyen – vagy csak nagyon redukált és sporadikus – szerepe van.

És még hozzáfűzhetjük: odáig sem mentünk el, hogy az adiafor determinációt mindenfajta megelőző intézkedés alapfeltételének tartsuk. Bár eddigi fejtegetéseinkben implikáltan benne volt, most mégis pontosabban megadjuk azt a két körülményt, mely az adiafor determináció alkalmazását a megelőző jellegű intézkedések kiváltásában és időzítésében szükségtelenné teszi (bár, mint látni fogjuk, nem zárja ki). Az egyik annak a *biológiailag releváns eseménynek a természetére vonatkozik, melyet az intézkedésnek meg kell előznie* (el kell hártania vagy elő kell mozdítania – sőt esetleg fel kell idéznie). Éspedig: *ha ez az esemény többé-kevésbé szabályszerű periodikussággal jelenik meg vagy tér vissza*. Ez esetben valamilyen „biológiai óra” alakulhat ki a szervezetben, mely a kívánt időpontban a megfelelő intézkedést előhívja – anélkül, hogy az illető biológiailag releváns esemény antecedenseitől aktuálisan származó adiafor információra szükség volna. A második korlátozó mozzanat a *megelőző intézkedés módjára* vonatkozik. Éspedig: a szervezet sok esetben úgy is felkészülhet a biológiailag releváns eseményre, hogy *az időpont, melyben az bekövetkezik, nem számít*. Ilyen az egyszer s mindenkorra való védekezés *külső mechanikus hatások ellen* – pl. páncélszerű testburokkal (növényeknél és állatoknál egyaránt) vagy fészeképítéssel. Már most előrebocsátjuk azonban, hogy, bár az adiafor determináció alkalmazása ilyen intézkedések kiváltásában nem szükségszerű, mégis ezeknél is fontos szerephez juthat, hatékonyságukat és sikerességüket nagymértékben emelheti. Egyébként is látni fogjuk, hogy az adiafor determináció – akár a jelzések, akár az informá-



ciós formában — egyre inkább a viselkedés egyetemes kiváltójává és vezérlőjévé válik. Ez a szerepe betetőződik az embernél.

Az adiafor determináció alkalmazásának lehetséges korlátaira — és ennek megfelelően szerényebb kérdésfeltevésünkre — fent azért utaltunk, mert elméleti elgondolásaink egy ponton találkoznak egy figyelemre méltó és nagy igényű elméleti próbálkozással, mely az életjelenségek általános célirányosságát („purposiveness”) racionálisan, mindenfajta teleologikus elv alkalmazása nélkül, sőt matematikailag kifejezhető formában igyekszik magyarázni. Arra az elméletre gondolunk, melyet G. SOMMERHOFF „Analytical Biology” című munkájában (1950) kifejt. Kiinduló példája ugyanis, melynek elemzéséből elveit levezeti, pontosan olyan, amelyben a mi felfogásunk szerint az adiafor determináció alapvető szerepet játszik. SOMMERHOFF példája az „alkalmazkodás” jelenségére: a vadász egy repülő céltárgyra állítja be a puskáját, vagyis csövének iránya pontosan „alkalmazkodik” a repülő tárgy pályájához, sebességéhez, helyzetéhez stb. az adott időpontban. Azért választja ezt a példát, mert ez az „alkalmazkodás” gépi úton is megvalósítható: az automatikus célzóberendezéssel működő léghárító ágyú. Mi a szituációt a következőképpen elemeznénk: mindenképp előt adva van 1. egy környezeti történet, mely valamilyen biológiailag releváns történethez vezet (vagy vezethet). Ha a céltárgy egy madár, akkor a történet — a sikeres cselekvés segítségével, a puska megfelelő beállításával — pozitív jellegű eseményhez vezethet: a vadász zsákmányhoz jut (ennivalóhoz, eladható vadhoz, vadász-sikerhez stb.); ha a céltárgy egy ellenséges repülőgép, akkor a történet negatív jellegű eseményhez (károsodáshoz) vezet (az ellenség ledobja bombáit), ha azt a sikeres cselekvés, az ágyú megfelelő beállítása és a lövedék kilövése el nem hárítja. 2. Ennek a történetnek egy eléggé korai szakasza — melléktörténetként — adiafor folyamatokat is felidéz (fényt ver vissza — közvetlenül vagy radarsugarak közvetítésével egy képernyőről — és esetleg levegőrezgéseket is), melyek elérik a vadászt, illetve a léghárító ágyú kezelőjét (vagy automatikus berendezését). 3. Az adiafor hatások kiváltják a megelőző cselekvést, melynek eredményeként a kilőtt puskagolyó (ágyúlövedék) eltalálja a céltárgyat (a madarat vagy a repülőgépet), és így a vadász zsákmányhoz jut, vagy az ágyú kezelője (az automatikus berendezkedés) elhárítja a veszélyt.

SOMMERHOFF a példa elemzésénél a biológiailag releváns eseményt nem veszi számításba — ami ebben az esetben megengedhető, mert egy az organizmuson kívüli esemény, a céltárgy „eltalálása” (a lövedék és a céltárgy találkozása), minden változatban a biológiailag releváns esemény bekövetkezésének vagy elhárításának alapfeltétele, tehát állhat ez utóbbiak helyett. Annál nagyobb súllyal szerepel SOMMERHOFF elemzésében az a tényező, melyet mi mint a biológiailag releváns esemény egyik (elég korai) antecedenst emeltünk ki, s ami a példában az illető eseményhez vezető történés (a „főtörténés” — a madár vagy az ellenséges gép repülése) egy korábbi szakasza, pl. a  $t_0$  időpontban vagy időszakban. Ez a szakasz ugyanakkor, amikor evidens módon okozati előzménye a főtörténésnek, oka az ingereknek (a melléktörténésnek) is, mely a cselekvést (a puska- és az ágyúcső beállítását és a lövést) kiváltja. SOMMERHOFF „közös okozásról” („joint causation”) beszél, és a közös okozót „koenetikus” változónak nevezi. Ennek a koenetikus változónak alapvető jelentőséget tulajdonít, de — számunkra meglepő módon — mindenfajta alkalmazkodásban; még abban is, amelyet mi az ilyen típusú alkalmazkodás ellentípusaként hoztunk fel: a regeneratív folyamatokban.

Az elemzett példa alapján SOMMERHOFF még egy mozzanatot külön kiemel: a vadász vagy a légelhárító tüzér cselekvésének „adaptív” jellegét a cselekvés eredménye igazolja: bárhogy — bármely irányba, bármilyen sebességgel stb. — repül is a céltárgy, az eredmény az, hogy a lövedékkel találkozik (s az megöli vagy megsemmisíti). A lövedékkel való összeütközés: a „fokális állapot” („focal condition”). Tehát SOMMERHOFF szerint minden alkalmazkodásnál van egy koenetikus változó, amely egyrészt okozati előzménye valamilyen környezeti történésnek vagy állapotnak, másrészt ingerek közvetítésével az organizmus valamilyen reakcióját idézi fel; a környezeti történés (vagy állapot) és a reakció együtt egy meghatározott fokális állapothoz (valójában: a célhoz) vezet. A „fokális” jelző arra utal (amit SOMMERHOFF nagy nyomatékkal hangsúlyoz is), hogy a környezeti történés (vagy állapot) — bizonyos tartományon belül — variálhat, de a reakció vele együtt variál oly módon, hogy mindig ugyanaz a fokális végeredmény áll elő (ez a végeredmény mintegy fókusza a környezeti történésnek és a hozzá tartozó organizmikus reakciónak). Itt

SOMMERHOFF valójában (anélkül, hogy erre utalna) az ingerhatásnak mint információnak egyik fő jellegét emeli ki (sokféleséghez kapcsolódik sokféleség).

A mi kiinduló példánk is elemezhető hasonló módon. Itt a környezeti történet: egy tárgy mozgása az organizmus felé; a koenetikus változó; a mozgás egyik korábbi (a reakciót megelőző) szakasza, pl. a  $t_0$  időpontban; a koenetikus változó által felidézett ingerek (fény sugarak vagy levegőrezgések) előhívják az alkalmazkodó reakciót: kitérés a közeledő tárgy mozgásának pályájából. A fokális állapot azonosítása példánkban már jóval nehezebb: akármilyen irányból, akármilyen sebességgel (bizonyos határokon belül), akármilyen formájú, nagyságú stb. tárgy közeledik az organizmus felé, a reakció azt eredményezi, hogy a tárgy és az organizmus összeütközésére nem kerül sor. A fokális állapot tehát: valaminek az elmaradása.

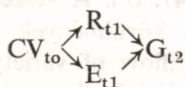
Mint már mondtuk, SOMMERHOFF a biológiailag releváns eseményt (annak lehetőségét vagy veszélyét) nem számítja bele a tényállásba; ebből kifolyólag elemzése és az arra épített fejtegetések egészen más irányba terelődnek, mint a mi elméleti elgondolásaink. Ha ráeszmélt volna a környezeti fő történet (melyet  $Et_1$ -gyel jelöl) biológiai jelentőségére (arra, hogy a vadász a madarat zsákmányul ejtheti és megeheti vagy értékesítheti, az ellenséges repülőgépet bombát dobhat az ágyú kezelőjére vagy honfitársaira, vagy életfontosságú létesítményekre), akkor esetleg gondolt volna arra is, hogy a „közös okozásból” eredő (ugyancsak környezeti) melléktörténetnek, az ingernek, milyen biológiai jelentősége van. Továbbá világossá vált volna számára az „előreszaladás”: a közös okból kiinduló melléktörténet (az inger) előbb eléri az organizmust, mint a fő történet. Az inger hatása bekövetkezik, még mielőtt a fő történet eredményeként a biológiailag releváns esemény bekövetkezik (pozitív esetben – vadász) vagy bekövetkeznék (negatív esetben – légelhárítás). SOMMERHOFF azonban az ingert (a hagyományos biológiai szemléletnek megfelelően) csak úgy kezeli, mint ami kiváltja és irányítja a reakciót ( $Rt_1$  – SOMMERHOFF jelölésében), mely együtt a fő történettel ( $Et_1$ ) a kívánt fokális állapotot ( $Gt_1$ ) eredményezi. Elméleti fejtegetéseiben tehát az adiafor hatások gondolata fel sem merül – noha a cselekvéses alkalmazkodás okozati vázát megközelítően

pontosan kidolgozza. — Az elmélet bizonyos értelemben a LEONTYEV — ZAPOROZSEC-féle elmélet ellenpéldája: a megelőző cselekvés determinációjának kauzális szerkezetében felismeri és — ha némileg hiányosan is — megadja az egyik fő pontot, de figyelmen kívül hagyja a számításba jövő hatások biológiai státusát; LEONTYEV és ZAPOROZSEC elmélete az utóbbit — bár ugyancsak elnagyoltan — felismeri, de nem dolgozza ki a sajátos kauzális szerkezetet.

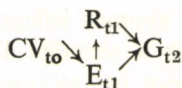
Említésre méltó, hogy a cselekvéses alkalmazkodás sajátos okozati váza már elég világosan feldereng a kiváló 19. századi természetfilozófus, SPENCER fejtegetéseiben. Elgondolásai illusztrálására a következő példát hozza: „A szarvasbikát bizonyos hang és szag, melyet a szellő hozzásodor, arra készíteti, hogy gyorsan elfusson a vadász elől — ilyenkor az állat környezetében („szomszédságában” — „neighborhood”) fennáll egy kapcsolat bizonyos érzékelhető mozzanat („sensible property”) és bizonyos folyamat között, mely veszélyes a szarvasbikára, míg magában az organizmusban fennáll egy kapcsolat az érzéklet („benyomás” — „impression”), melyet az illető érzékelhető mozzanat felidéz, és a cselekvés között, mellyel a veszély elől elmenekül” (SPENCER, H., 1855, 374. o.). Az elemzésben világosan látjuk az okozati szerkezet tagolódását. A környezetben adva van a biológiailag releváns esemény antecedense („bizonyos folyamat, mely veszélyes”) és az azzal kapcsolatban levő (vele közös kauzál-kondicionális eredetű) inger; az organizmusban: az adiafor ingerhatás s annak nyomán az érzéklet, továbbá az azzal kapcsolatban levő (az által kiváltott) megelőző cselekvés. SPENCER leírása pontosan azt a két viszonylatot emeli ki, melyekre mint az információ felhasználhatóságának két elvi feltételére az előző fejezetben rámutattunk.

De vajon kimutatható-e a fenti okozati szerkezet minden alkalmazkodásnál — nem csak a megelőző cselekvésnél? Kimutatható-e pl. a regenerációnál (melyet SOMMERHOFF — helyesen — ugyancsak az alkalmazkodás egyik formájának tekint)? Megadható-e ez esetben is — a tényeken való erőszaktétel nélkül — a közös okból származó (közös kauzál-kondicionális eredetű) két környezeti történés, melyek (miután az egyik korábban eléri az organizmust s annak reakcióját kiváltja) együtt valamilyen fokális végeredményhez vezetnek? Nézzük példánkunk az előző változatát,

melyben az organizmus a feléje közeledő tárgy mozgási pályájából valamilyen okból („nem veszi észre”) nem lép ki, a tárgy belé-  
 ütközik és megsérti. A seb nyomán jellegzetes regenerációs folya-  
 matok indulnak meg, melyek a sértetlen állapot helyreállításához  
 vezetnek. A „fokális” állapot itt: az organizmusnak az ártalom  
 előtti állapota. A sebesülés bizonyos határokon belül – helye,  
 kiterjedése, súlyossága stb. szerint – variálhat, a regenerációs  
 folyamat megfelelően együtt variál (mindig úgy, hogy a fent emlí-  
 tett fokális végeredmény beáll). Mindenekelőtt leszögezhetjük,  
 hogy itt csak *egy* környezeti történés szerepel: a tárgy közeledése  
 az organizmus felé; ez okozza a sebesülést és továbbmenően a  
 regenerációs folyamatot is. A reakció (a regenerációs folyamat –  
 $R_{t1}$ ) időpontjában a környezeti történés ( $E_{t1}$  – „E” az „environ-  
 ment” = környezet szó kezdőbetűje) már lezárult. De az analógiá-  
 nak ettől a hiányosságától még eltekinthetünk; magát a sebesülést  
 (tehát egy történést az organizmuson belül) tekinthetjük a SOM-  
 MERHOFF példájában szereplő  $E_{t1}$  analogonjának. A sebesüléshez  
 a regenerációs folyamat ( $R_{t1}$ ) valóban „alkalmazkodik”. De  
 ennél tovább az analógia – a cselekvéses alkalmazkodással –  
 nem megy. Látszólag van ugyan egy közös kauzális antecedens:  
 a tárgy közeledése az organizmus felé, de az okozati szerkezet  
 lényegesen más, mint az igazi koenetikus változó esetében. A kü-  
 lönséget legjobban azzal a fogalommal jellemezhetjük, melyet  
 maga SOMMERHOFF határozott meg kellő szigorúsággal: itt a két  
 egymáshoz „alkalmazkodó” változó (a sebesülés és a regenerációs  
 folyamat) „episztemikusan” nem függetlenek, a kettő egymást  
 közvetlenül felidézi (a seb a gyógyulást), és így elvben nem variál-  
 hatnak egymástól függetlenül. SOMMERHOFF az episztemikus füg-  
 getlenséget az egymáshoz „alkalmazkodó” változók viszonylatá-  
 ban elengedhetetlen feltételnek tartja. Lényegében ugyanezt fej-  
 tettük ki a 15. fejezet végén – a jelző funkcióval kapcsolatban.  
 SOMMERHOFF eredeti diagramja – saját példájának elemzése  
 alapján:



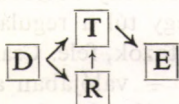
A diagram a regenerációs példa esetében így alakul:



A második diagramban szemléltetett viszonylatok nem változnak akkor sem, ha nem egyszerű sebgyógyulásról, hanem nagyobb arányú regenerációról — egész végtagok újraképzéséről — van szó, amilyen még a primitívebb gerinceseknél (egyres kétélttűeknél, Urodela) megfigyelhető. SOMMERHOFF éppen ezt a változatot veszi szemügyre. Nem egészen világos, hogyan lehet „nagy számú változó a csonkban, vagyis a regenerálódó végtag kezdeti formájában, s ezek koenetikus változók bizonyos „irányszabó korrelációk” („directive correlations”) számára, melyek a további regenerációs folyamatban a koordinált működéseket megalapozzák” (ibid. 142. o.). Nem látható be, hogy a bonyolult regenerációs folyamat egymással jól koordinált részfolyamatai közül melyik minősül  $E_{t_1}$ -nek és melyik  $R_{t_1}$ -nek — e kettő nélkül ugyanis nem beszélhetünk „irányszabó korrelációról”. Véleményünk szerint a szervezetben végbemenő folyamatok integrációja, mely valamilyen „végeredmény” (pl. homeosztázis) eléréséhez szükséges, egészen más természetű, mint a cselekvés által való „alkalmazkodás” a környezeti történésekhez és állapotokhoz — még akkor is, ha, mint látni fogjuk, bizonyos fejlődési fokon az idegrendszer a belső integrációban is fontos szerephez jut.

A cselekvéses alkalmazkodásnak az okozati vázát pontosabban és általánosabb érvényességgel adja meg az a diagram, melyet ASHBY a szabályozás és kommunikáció fogalomrendszerének felhasználásával rajzol meg. Adva van a zavaró körülményeknek („disturbances”, D) valamilyen sokfélesége, mely a külső környezetben, esetleg távol az organizmustól, elkezdődik, és azzal fenyeget, hogy — ha az organizmus nem tesz semmit — az  $\eta$ -változókat „a megkövetelt tartományon kívülre kényszeríti” (ASHBY, W. R. op. cit. 247. o.). A veszély ASHBY szerint így is fogalmazható: a zavaró körülmények sokféleségének transzmissziója, „átáramlása” („flow of variety”) az  $\eta$ -változók sokféleségéhez. Ezt az átáramlást (mely az organizmust pusztulással fenyegeti) kell valamilyen szabályozónak (regulátornak, R)

„blokkírozni”, leállítani — éspedig valamilyen intézkedéssel. Ez az intézkedés: beavatkozás a környezeti konstellációba (T) — úgy, hogy a végeredmény („outcome”), melyet az intézkedés és a környezeti konstelláció együttesen determinálnak, az  $\eta$ -változók változatlanul maradása, invarianciája legyen. A szabályozás diagramja (ibid. 248. o.):



A diagram értelmezése: a zavaró tényező („disturbance” D) hat a környezeti konstellációra, amit a D-t és az T-t összekötő nyíl jelképez; de ugyanakkor hat — információ formájában — a szabályozóra (a D-ből az R-be — a regulátorba — vezető nyíl). R az információ mértékadása szerint hat a környezeti konstellációra (nyíl az R-ből a T-be). Az így két oldalról alterált T tovább „hat” az E-re (a mi jelzésünkben: az  $\eta$ -változókra); a „hatás” itt azt jelenti: biztosítja az E változatlanóságát. Ez a tökéletes szabályozás diagramja. A mi kiinduló példánkra alkalmazva: a zavaró tényező — a tárgy közeledése az organizmushoz, mely ugyanakkor, amikor kialakít egy környezeti konstellációt (T), a tárgyról visszavert sugarak közvetítésével hat az organizmus érzékszerveire és továbbmenően az izomrendszerére; az érzékszerv, idegrendszer és izomrendszer együttesen felfoghatók mint az organizmus regulátora (R). A regulátor működése (kilépés a tárgy mozgási pályájából) az adott környezeti konstellációt oly módon változtatja meg, hogy annak bármilyen variációja esetén (pl. bármilyen irányból közeledik is a tárgy) ugyanaz a „végeredmény” („outcome”) áll elő: E (a mi terminológiánkban az  $\eta$ -változók együttese) változatlan marad. Az állat viselkedése ez esetben — tökéletes reguláció, amelyben a környezeti konstelláció egy elég korai szakaszáról nyert információ játssza a fő szerepet. Hangsúlyozzuk a reguláció „tökéletes” voltát. Emlékezhetünk arra, amit a regeneratív folyamatokról megállapítottunk: a regeneráció — lényegében hiba által irányított szabályozás („error-controlled regulation”), amely elvben sohasem lehet tökéletes (lásd ASHBY, W. R., ibid. 263. o.).

ASHBY úgy véli, hogy diagramja párhuzamba hozható SOMMERHOFFÉVAL, melyet fent ugyancsak megadtunk. Ebben nagyjából egyetértünk vele — mégis, ha közelebbről megnézzük, ASHBY diagramja egy ponton formailag feltűnően eltér SOMMERHOFFÉTÓL: *nem szimmetrikus, az R-ből nem vezet nyíl az E-hez.* Ez a különbség nagy horderejű mozzanatot jelképez. Azt jelenti, hogy a D-ből (a biológiailag releváns esemény antecedenséből) kiinduló hatás, mely az R-t éri, nem megy túl a regulátoron — az organizmus lényeges változói, az  $\eta$ -változók, felé. Csak a regulátor működésén keresztül (melyet a hatás — valójában az információ — vált ki és irányít) és a T alterálása által jut el a történéshöz az  $\eta$ -változókhoz (jelen esetben azzal az eredménnyel, hogy azok változatlanok maradnak). Ezenkívül *a D-ből kiinduló és az R-t elérő hatásból közvetlenül semmi sem „szivárog át” az  $\eta$ -változókhoz.* Könnyen felismerhető, hogy *az R-ből az E-hez vezető nyíl hiánya pontosan azt jelképezi, amit a D-ből kiinduló és az R-t elérő hatás adiafor jellegének neveztünk:* ez a hatás elsődlegesen nem éri el az  $\eta$ -változókat — csak másodlagosan, a kiváltott intézkedésen (viselkedésen, cselekvésen) keresztül, amit az R-ből a T-be és onnan az E-hez vezető nyílak képviselnek. Egyébként elméleti elgondolásunk fő pontjához ASHBY elég közel kerül, amikor a statikus védekezéssel (pl. egyes állatok páncélburkával) az „ügyes ellenakciókkal való védekezést” állítja szembe — pl. a párbajnál —, és azt mondja: „Az információ szabadon áramlik a nem lényeges változókhoz, de azt megakadályozza, hogy a »párbaj vagy nem párbaj« megkülönböztetésnek megfelelő sokféleség elérje a lényeges változókat” (ASHBY, *ibid.* 238. o.). Kár, hogy az információt mint hatást, mely „szabadon áramlik a nem lényeges változókhoz” (vagy ahogyan mi mondjuk: nem éri el a lényeges  $\eta$ -változókat), nem emeli ki nyomatékosabban, s különleges szerepét az okozati szövevényben nem fejt ki részletesebben.

Könnyen megmagyarázható az is, honnan ered a formai különbség SOMMERHOFF és ASHBY, diagramjai között. SOMMERHOFF alap-példájából, amelynek elemzéséből diagramját nyeri, mint már mondtuk, hiányzik a biológiailag releváns, magában az organizmusban lezajló esemény — ami gyakorlatilag azt jelenti, hogy hiányzik belőle minden utalás az  $\eta$ -változókra (vagyis az E-re). A SOMMERHOFF diagramjában szereplő „végeredmény” (fokális álla-



pot,  $G_{t_2}$ : a lövedék és a céltárgy találkozása), még teljes egészében a környezetben következik be; még valójában beletartozik abba a komplexusba, melyet ASHBY T-vel jelöl. A további történet, mely eléri az E-t (a repülőgéplövésénél az E konstans értéken maradása, a madár lelövése esetén az E kedvező módon való befolyásolása), s amelyet a T-ből az E-hez vezető nyíl képvisel, SOMMERHOFF diagramjából már kimarad.

ASHBY további fejtegetései során — éspedig, amikor már nem tökéletes regulációs formákról van szó — a fenti diagram sajátos módon alakul; ezekre szükségtelen itt kitérnünk. De rámutatunk arra, hogy a diagram továbbfejlesztett formáiban sem jelenik meg olyan nyíl, mely az R-ből az E-be vezet (legfeljebb megfordítva: az E-ből az R-be), vagyis a D-hatásból az R-en keresztül továbbra sem „szivárog át” semmi az E-hez. Ami azt jelképezi: *a reguláció formája változhat — de az R-t érő hatás adiafor alapjellege nem.*

környezeti moxanatokká válnak, melyek most már biológiai  
továbbá személynék antecedensei — az állat belsőállapot az a  
dályar, becses a szakadékba, egyensúlyát veszíti a talaj egyenet-  
lenségei miatt és hasonlók. Ezeknek előzőleg (amikor még nem  
ment a víz felé) személynék jelentőségük nem volt. Tehát az állat min-  
den lokomócióra mikélete az adiafor jelenségekkel környezeti moxa-  
natok egész sorát magában foglaló antecedensekkel, s az azokkal  
szemben ingerek egyaránt „jelöl” ingereké válnak. Fel kell  
télőznünk, hogy az organizmusban magában rejlik „jelöl”,  
tényező (pl. a mozgási állapot) mint paraméterek az adiafor  
hatásai további szerepét valamely módon szabják, ők az  
mértektől függően az adiafor hatások csatlakozás-megindító (a víz-  
ről jövő tényező) vagy csatlakozás-tiltó (a természetből)  
jövő ingerek) tényezőkké válnak. Középsőben az ingerek  
szemben) így fogalmazhatjuk: a csatlakozás nemcsak a jelölő  
környezeti moxanatokhoz, hanem az állat saját állapotához is  
vannak irányítottak, testnek és végtagjainak kezdeti helyzetéhez  
is. Is igazodnia kell — annak érdekében, hogy a csatlakozás  
eredményes legyen.

Ebből a fogalmazásból látni, hogy a pszichológiai gondolatok  
szelvényes útja a következő: az állat csak akkor tud észlelni,  
a „szelvény” moxanatokhoz is igazodnia, ha információit kapja.  
Az idevágó proprioceptív információk beérkezését mind morfo-

## V. AZ ADIAFOR DETERMINÁCIÓ MÁSODLAGOS ALKALMAZÁSA. A PROPRIOCEPCIÓ

### 24. Adiafor determináció — „kerülő úton”. A propriocepció ősi formái

Az adiafor determináció alkalmazásában és fejlődésében különleges fordulat áll be az állati törzsfejlődésnek már egy korai szakaszában. A 15. fejezetben beszéltünk az adiafor hatások „átminősüléséről”. Emlékeztetünk a példára, melyből kiindultunk: a szomjas állat, amikor a közelben levő vízről jellegzetes fénysugár-együttes érkezik a szemébe, odamegy a vízhez. A cselekvés megindulásánál a vízhez vezető útnak a lokomóció szempontjából releváns mozzanatai — akadályok, terepformációk stb. — olyan környezeti mozzanatokká válnak, melyek most már biológiailag releváns események antecedensei — az állat beleütközhet az akadályba, beeshet a szakadékba, egyensúlyát vesztheti a talaj egyenetlenségei miatt és hasonlók. Ezeknek előzőleg (amikor még nem ment a víz felé) semmilyen jelentőségük nem volt. Tehát *az állat minden lokomóciós művelete az addig jelentéktelen környezeti mozzanatok egész sorát avathatja fontos antecedensekké, s az azoktól származó ingerek egyszerűen „jelző” ingerekké válnak*. Fel kell tételeznünk, hogy az organizmusban magában rejlő, „saját” tényezők (pl. a mozgási állapot) mint *paraméterek* az adiafor hatások további szerepét valamilyen módon szabályozzák; e paraméterektől függően az adiafor hatások cselekvés-megindító (a vízről jövő fénysugarak) vagy cselekvésmódosító (a terepformációról jövő ingerek) tényezőkké válnak. Közérthetőbben (de kevésbé szigorúan) így fogalmazhatjuk: a cselekvésnek nemcsak a külső környezeti mozzanatokhoz, hanem az állat saját állapotához, mozgásának irányához, testének és végtagjainak kezdeti helyzetéhez stb. is igazodnia kell — annak érdekében, hogy a cselekvés eredményes legyen.

Ebből a fogalmazásból kiindulva a pszichológiai gondolkodás szokványos útja a következő: az állat csak akkor tud ezekhez a „saját” mozzanatokhoz is igazodni, ha információt kap róluk. Az idevágó proprioceptív információs berendezéseket mind morfo-

lógiailag, mind funkcionálisan jól ismerjük. Mégis az alapjában véve helyes gondolatmenet elfed egy problémát, amelynek megoldása nélkül az itt fellépő „igazodás” és „információ” igazi természetét nem ismerhetjük fel. Gondoljuk meg: ahhoz, hogy az állat mozgása közben pl. a terepformációkhoz igazodhassék, szükséges, hogy azokról információt kapjon. A tény, amit így írunk le: „információt kap”, természetszerűen magába foglalja a következőt: a terepformációtól kiinduló (azok által legalábbis kodeterminált) fizikai folyamat (általában fény) eléri az organizmust és hat rá. Itt tehát teljes értékűen feltehető a kérdés: milyen jellegű ez a hatás? Az általunk felállított kategóriák melyikébe tartozik? Megállapítottuk, hogy – adiafor hatás. Alkalmazzuk ezt a gondolatmenetet azokra az információkra, melyeket az organizmus a „saját” mozzanatairól kap, pl. arról, hogy milyen testhelyzetben van, vagy valamelyik végtagja éppen milyen mozgást végez. Az előzőek analógiájára szükséges, hogy ezekből a mozzanatokból valamilyen folyamat induljon ki, mely – és itt érkezünk el a gondolatmenet buktatójához – eléri az organizmust és hat rá. Az organizmus „saját” mozzanatából kiinduló folyamat nyilván nem „érheti el az organizmust” és nem „hathat rá” – hiszen abból indul ki és abban zajlik le. Egy ilyen fogalmazás fonáknak tetszik akkor is, ha az információs folyamatot ez esetben így képzeljük el: az organizmus egyik részéből (pl. a végtagból, melynek helyzetéhez a cselekvésnek „igazodnia” kell) kiindul egy információ-átvivő folyamat, és elér valamilyen „regulátort” (ami a szervezetnek egy másik része), mely az éppen folyó vagy meginduló mozgást megfelelően irányítja; *a folyamat akkor is végig az organizmuson belül zajlik le.* Az, *hogy az organizmus egyik része valamilyen közvetítő folyamat által hat a másikra, alapjában másfajta jelenség, mint az, hogy egy külső, az organizmustól független, organizmusidegen folyamat eléri és hat rá.*

Szándékosan taglaltuk kissé aprólékosabban a tényállást, hogy világossá váljék: *az organizmus egyik részéből kiinduló és egy másik részét elérő folyamat* (akkor is, ha csak információátvivő vagy integráló jellegű) *maga is – életfolyamat,* elvben része a belső folyamatok ama rendszerének – láncolatának és körforgásának –, melyet életnek nevezünk, és nem minősíthető úgy, mint a kívülről jövő hatás, vagyis nem osztályozható mint releváns, irreleváns vagy

adiafor. Eleve feltételezzük, hogy a szervezetben végbemenő folyamatok (akárha olyan formában, hogy „az egyik rész hat a másikra”) a filogenetikusan kiképeződött struktúra folytán mindig adaptívak, biológiai értelmük van, hozzájárulnak az élet fenntartásához (kivéve természetesen a patológikus eseteket). Végső megállapításunk: *az, hogy az organizmus ugyanarra az ingerre (külső hatásra) különbözőképpen reagál, ha különböző állapotban van* (akár az egész organizmus, akár csak egy része), *s így „igazodik” ezekhez az állapotokhoz, olyan jelenség, melynek megalapozásában az adiafor determinációnak nincs szükségszerű szerepe.* Hogy ez az „igazodás” hogyan lehetséges, egészen más jellegű, az organizmus belső integrációját érintő probléma — egészen más jellegű, mint pl. az, hogy a lokomóciós cselekvés hogyan igazodik a terepformációkhoz (vagyis külső mozzanatokhoz). A szervezet egész élete valójában ilyen intraorganizmusos „egymáshoz igazodások” bonyolult hálózata — ezeknek az eddigiek szerint semmi közük az adiafor determinációhoz.

Mégis, bármilyen plauzibilis a fenti érvelés, van egy pontja, amely támadható — s ha azt felismertük, váratlan lehetőség nyílik az adiafor determináció alkalmazására a „saját” mozzanatokról nyert információ, vagyis a „saját” mozzanatokhoz való igazodás esetében is. Induljunk ki még egyszer a példából: a mozgáshoz, melyet az egyik végtag végez, igazodnia kell annak, amit a másik végez; ennek feltétele, hogy a másik végtag információt kap az első végtag mozgásáról; vagyis az utóbbiból ki kell indulnia egy folyamatnak, mely eléri a másik végtagot, hat rá és így lehetővé teszi, hogy az igazodjék az első végtag mozgásához. Hangsúlyoztuk, hogy ez az információ-átvivő folyamat *végig az organizmuson belül* zajlik le — tehát nem minősíthető úgy, mint egy kívülről jövő hatás (mely lehet káros, kedvező, jelentéktelen). De szükségszerű-e az, hogy ez az információ-átvivő történés „végig az organizmuson belül” zajlik le? Szigorú értelemben csak annyit mondhatunk: *a végpontok az organizmuson belül vannak* (az egyik végtag mozgása és a másik végtagé). Elképzelhető a következő furcsa lefolyás: az egyik végtag mozgásából kiindul egy történés, mely *elhagyja az organizmust*, vagyis felidéz egy folyamatot a környezetben („folytatódik” a környezetben) — *ez azután valahogy visszairányul*

az *organizmushoz*, eléri és hat rá (vagyis újra organizmuson belülivé válik), s így végül eljut a másik végtaghoz. A történés, ha okozati vázát így kipreparáljuk, túl komplikáltnak, valószínűtlennek, sőt talán fantasztikusnak tetszik – pedig az állati élet fejlődésében már korán megjelenik, igen egyszerű, szinte rutinszerű formában. Nevezük ezt a különös változatot *információátvitelnek a környezeten át vezető kerülőúton*. Természetesen ebben a változatban megint teljes értelművé válik az az állítás, hogy a „kerülőútról” visszatérő történésszakasz adiafor módon hat az organizmusra, s annak valamilyen receptora útján idegimpulzusba tevődik át. Hozzunk rá mindjárt illusztráló példákat.

Először arra hozunk fel példát, hogy egy kívülről jövő adiafor hatás hogyan adhat információt az organizmus valamilyen „saját” mozzanatáról (állapotáról, helyzetéről). Ez már önmagában furcsának tűnhetik, hiszen eddig mindig azt láttuk, hogy az adiafor hatás arról a külső környezeti mozzanatról ad információt, amely felidézte, megindította, okozta vagy legalábbis kodeterminálta, pl. éppen a fényinger esetében, melyet egy fényforrás idéz fel, s a tárgy (melyről információt ad) csak szűri és átirányítja. A következőkben éppen a „kodeterminációra” fogunk súlyt vetni. Nézzünk egy különleges érzékelő apparátust – valójában a tapintási érzékszerv egy formáját –, mely a halaknál és a vízben élő kétélttűeknekél alakult ki (a halak „hatodik” érzékszervének is nevezik – nem egészen jogosan, mert ingere, receptorának helye és átalakító rendszere pontosan olyan, mint a tapintásé). Ez az ún. oldalszerv (laterális szerv); a halak fején és testén kétoldalt a kültakaró ferdén húzódó betüremlései, az ún. oldalcsatornák, helyezkednek el, melyeknek testközeli oldalán érzékelő szőrnyúlványos sejtek vannak. A mozgó víz ezekben a csatornába beáramlik és nyomást gyakorol a csatornába benyúló sejtszalakra (elhajlítja azokat), melyek a mechanikus hatást továbbítják az érzékelő sejtek átalakítóihoz. Az együttes (az egész oldalszervre kiterjedő) mechanikus hatás variál aszerint, hogy milyen irányból és milyen erővel jön az áramló víz. Az állat így információt kap a közeg mozgásáról, melyben él; az apparátust *áramlási érzékszervnek*, *reoreceptornak* is nevezik. Az állat számára a közeg áramló mozgása nyilván életfontosságú körülmény, melyhez lokomóciós mozgásának igazodnia kell – az arról kapott információ segítségével.

De ennek az áramlási érzékszervnek az információs szerepe – legalábbis részben – megváltozhatik. Tegyük fel, hogy a közeg (a víz) áramlásának iránya többé-kevésbé *konstans* – pl. a folyóvizekben vagy tengerszint alatti áramlatokban; akkor minden információ az áramlás irányáról tárgyaltan (emlékezzünk: az információnál sokféleség kapcsolódik sokféleséghez). Mégis az állandó irányú áramlás által felidézett adiafor hatás variálhat – teljesen azonos dimenzió mentén, mint az irányváltásnál – *ha az állat a konstans áramlási irányhoz viszonyítva testhelyzetét változtatja*. Vagyis az állat testhelyzete mint paraméter kodeterminálja az adiafor hatást, úgy hogy ennek közvetítésével információt kaphat saját testhelyzetéről. Az információs viszony itt: *a testhelyzetek sokféleségéhez az adiafor hatások közvetítésével egy az egyhez megfelelésben a reprezentatív idegrendszeri folyamatok sokfélesége tartozik*. De még egyszer leszögezzük: az újfajta információs viszony megalapozásához a külső folyamatnak (mely az adiafor hatást szolgáltatja) bizonyos dimenzióban (az áramlás iránya) legalábbis megközelítőleg konstansnak kell lennie. *Így válik a reoreceptor a testhelyzet érzékelő apparátusává – egy exteroceptor proprioceptorrá*.

Mint mondtuk, a víz áramlási irányához viszonyított testhelyzet az állat számára életfontosságú. De van egy másik konstans irányú és nagyságú külső erőhatás, mely ilyen szempontból talán még jelentősebb. Ez a gravitáció. Már nagyon korán a törzsfejlődésben – valószínűleg a Csalánozóknál (Cnidaria) és a Bordás meduzáknál (Ctenophora) – szükség mutatkozik arra, hogy az állat akár a lokomóciós mozgás közben, akár nyugalmi állapotban igazodjék a gravitáció irányához (pl. testhelyzetét korrigálnia kell az egyensúly megtartása érdekében). Testének a gravitáció irányához viszonyított helyzetéről tehát információt kell kapnia. Ezt az információt közismerten az ún. *statikus szerv* szolgáltatja. Érdekes módon ennek a szervnek a működési elve és alapszerkezete lényegében ugyanaz marad végig a törzsfejlődés minden lépcsőfokán – beleértve az embert. Az alapszerkezet a következő: a test felső felületén szférikus formájú betüremlés támad, a statocysta, melyet szőrnyúlványos érzéksejtek bélelnek ki (illetve az azokat tartalmazó epithelium – lényegében ugyanúgy, mint általában a testfelületet). Ebben a statocistában (mely fölé a fejlődésben először fedél képződik, majd később teljes egészében testüreggé válik) egy kis méretű,

de viszonylag nagy fajsúlyú „kövecske” van, a statolith, mely természetesen a test dőlésénél a dőlés irányába gurul vagy süllyed, s a megfelelő oldalon levő érzéksejtek nyúlványaira nyomást, illetve, ha e nyúlványokhoz tapad (egy rakóknál, pl. *Mysis oculata*), húzó hatást gyakorol. Így minden, a függőleges irányra vonatkoztatott testhelyzethez tartozik egy specifikus mechanikus ingeregylettel a statocysta érzékelő „bélésének” valamely helyén. Ez alapozza meg a testhelyzetről nyert információt. A statolithot általában maga az organizmus termeli ki kalciumkarbonát-kristályokat tartalmazó anyag formájában, de egyes rákfajtáknál az állat minden vedlés után kívülről helyez be (egyik ollójával) homokszemcséket a statocystába, mely felül nyitott marad. Ezért lehettek éppen a rákok preferált kísérleti állatok a statikus szerv vizsgálatában; már az első klasszikus kísérleteket velük végezték — KREIDL, A., 1893.)

A statikus szerv működésében felismerhetjük a következőt: *A statocysta belseje eredetileg — környezet, az azt kibélelő felület eredetileg egyszerűen érzékelő (tapintó) végkészülékekkel ellátott bőrfelület.* Már SHERRINGTON úgy vélte, hogy a labrintus „az exteroceptív mezőből származik, s csak később húzódik be a szervezet belsejébe” (SHERRINGOON, CH. S., 1911, 336. o.). Mi történik tehát a testhelyzet változásánál? A változás következtében egy „környezeti” történés (a statolith mozgása a testfelületen) megy végbe, mely adiafor hatást gyakorol a testfelületre. Vagyis megvalósul az általunk leírt skéma: *a test egy saját mozzanata (illetve annak változása) felidéz egy környezeti történést, mely mechanikus inger formájában visszahat az organizmusra.* A kiváltott idegimpulzushoz hozzákapcsolódik a testhelyzetet korrigáló működés, vagy az állat már folyamatban levő mozgásának „igazodó” módosítása. A korábban tárgyalt reoreceptortól ez a berendezkedés éppen abban különbözik, hogy *az organizmusra ható „külső” történést is maga az organizmus idézi fel.* Íme: *a kerülő úton való adiafor determináció legősibb, legegyszerűbb és ugyanakkor filogenetikusan egyik legmaradandóbb formája.* Semmit sem változtatnak ugyanis a szerkezeti és a működési elven a különböző realizálási módok, pl. a statocystában sok esetben folyadék (endolimfa) is van, amelyben a nagyobb fajsúlyú statolith elmerül, s amely a statolith mozgásának tehetetlenségét csökkenti, vagy az, hogy a szerv nagyobb szám-

ban – mindenekelőtt bilaterálisan párosával – alakul ki, s teljesen a csontos testüregbe (labirintus) vándorol, és hasonlók. – Egy távoleső, de a lényegét jól kifejező hasonlattal azt mondhatjuk: az eljárás ugyanaz, mint egyes nagyon magas rendű emberi információszerzésnél; amikor pl. testünk hőmérsékletét akarjuk megtudni, úgy intézzük, hogy az először egy külső tárgyra (a lázmérőre) hason, ahonnan fénysugarak érkeznak „vissza” az organizmushoz, melyek segítségével információt kapunk nemcsak a higanyoszlop hosszúságáról, hanem egy „saját” mozzanatról, testünk hőmérsékletéről.

Megkockáztatunk egy tisztán elméleti eszmefuttatást. A többsejtűek testében nem egy olyan folyamat megy végbe, melyre a gravitáció természetszerűen hat, s azt minden testhelyzetváltozásnál kisebb-nagyobb mértékben alterálja. Ez lehetőséget nyújthatna a testhelyzet változásának valamilyen jelzésére. Innen kiindulva a testhelyzethez való igazodás – akár az egyensúlyi helyzet korrekciója, akár a lokomóciós működés megfelelő módosítása – valamilyen közvetítéssel elvben lehetséges volna. De az organizmus nem ezt a közvetlen utat használja fel, hanem a kerülőutat a környezeten át – adiafor hatások közvetítésével. Elgondolkozhatunk azon, hogy miért. Szeretnénk hangsúlyozni, hogy ez nem egy mondvacsinált kérdés. A szervezet minden részének működése – integrált, vagyis mindegyik rész működése igazodik az összes többihez – a legkülönbözőbb módon, de legtöbbször a szükséges „kommunikáció” a részek között a szervezeten belül bonyolódik le. Ilyen belső egymáshoz-igazodás – a fennmaradás érdekében – az élet lényegéhez tartozik. Mégis, úgy látszik, az adiafor determináció kerülő úton való bevonásának vannak különleges előnyei. Mindenekelőtt: már a törzsfajlás igen korai szakaszában készen áll egy organikus szerkezet a testfelületet érő mechanikus adiafor hatások felvételére és az idegimpulzusok továbbvezetésére az izomrendszer felé. Ezt csak „be” kell „állítani” az új funkcióra – ami, minden jel szerint, könnyebben kialakuló és a természetes kiválasztódásban rögzíthető változás, mint egy új belső integrációs szerkezet kiépülése. Majd látni fogjuk: ez az első lépés az adiafor determináció és a hozzátartozó idegrendszeri szerkezet csodálatos fejlődéstörténeti „karrierjéhez” (ha szabad így mondanunk), melynek egyik – nem is a leglátványosabb – irány-



vonala az, hogy általános integrációs rendszerré válik, és nemcsak a környezeti mozzanatokhoz való igazodásban (a viselkedés vezérlésében), hanem a szervezet belső működéseinek és állapotainak összehangolásában is alapvető szerephez jut. A statocysta megjelenésével a fejlődés mintegy „felfedezi” ezt a lehetőséget. És, mint látni fogjuk, egyre szélesebb körű alkalmazást nyer az, amit az *adiafor determináció másodlagos* (nem szükségszerű) *alkalmazásának* nevezhetünk.

## 25. A propriocepció visszaváltása exterocepcióra. A hallás

Minden további nélkül felismerhető, hogy a statikus szerv — sajátos szerkezete folytán — egy egészen más elv szerint is működhet, mint amit eddig leírtunk. Mi történik, ha az organizmust valamilyen külső lökés éri — pl. a közeg részéről, amelyben él? Olyan lökés, melynek következtében elmozdul, helyét változtatja valamilyen irányba? Különösen aktuális ez a törzsfejlődés kezdetén a vízben élő állatoknál. Ha a lökésből származó elmozdulás gyorsulása elég nagy, akkor a *statolith* — akár szabadon mozgó, akár az érzékszőrökhöz tapadó — *tehetetlensége folytán az elmozdulással ellentétes irányban visszamarad*, s ugyanúgy a statocysta egyik oldalára gurul vagy nyomódik, mintha a test a lökéssel ellentétes irányba dőlt volna. Ilyen módon a statikus szerv arra is alkalmas, hogy a kívülről jövő mechanikus hatásokról, lökésről, megrázkódtatásról, hullámozásról vagy vibrációról jelzést adjon. Az újfajta működési elv alapján a statikus apparátus egy ún. „szeizmikus” érzékszerv szerepét is betöltheti (KÜHN, A., 1931, 149. o.).

Tekintetbe kell vennünk mindenesetre a következőt: a kívülről jövő lökés természetszerűen a test megfelelő oldalán levő felületi mechanoreceptorokra is hat. Mint korábban kifejtettük, a lökés adiafor nyomás-rezidiuma taktilis ingerként szerepel. A statikus szervben fellépő ingerhatások csak abban az esetben társulhatnak hozzá, ha az állat teste a lökés következtében bármily kis mértékben *helyét változtatja*. Tehát azt, hogy valamilyen külső tárgy vagy a közeg nyomást gyakorol a bőrfelületre, az állat a bőrreceptorok közvetítésével érzékelheti, de azt, hogy az egész test (a nyomás következtében) elmozdul, csak a statikus szerv jelezheti. A szeizmi-

kus működés által a szervezet nem elsősorban egy környezeti hatásról, hanem a *test mozgásáról*, tehát egy „saját” mozzanatról *nyerhet információt*. Így a statikus szerv továbbra is inkább proprioceptor, mint exteroceptor. Még meg kell jegyeznünk: az új működési elv természetéből folyik, hogy a statikus szerv (az elnevezés már nem egészen megfelelő) csak *a mozgás bizonyos mozzanatairól*, éspedig *sebesség- és irányváltozásairól* (megindulásáról, gyorsulásáról, lassulásáról, leállításáról, kanyarodásairól stb.) adhat információt. Ez azonban nemigen jelent korlátozást: a test külső erőhatásra bekövetkező elmozdulása gyakorlatilag sohasem egyenletes sebességű, egyenes vonalú mozgás.

Akkor is, ha az állati organizmus belső folyamatait az ilyen kívülről rákényszerített elmozdulás nem zavarja, nyilvánvaló, hogy *viselkedését — különösen lokomócióját — veszélyeztetheti*. Az úszó állatot a víz mozgása, a repülő állatot a léglökések útjából eltéríthetik, vagyis lokomóciójának irányítását zavarhatják. E külső hatásokhoz tehát „igazodnia” kell, vagyis kompenzáló mozgással az eltérítést korigálnia kell — aminek feltétele, hogy a rákényszerített testmozgásról megbízható információt kapjon. — Adott esetben a rákényszerített mozgás közvetlen károsodást is okozhat: ilyen változat elsősorban *az esés* (akár valamilyen lökés, akár a támaszték elvesztése következtében). Az esést a statikus szerv az új működési elv alapján világosan jelezheti, és előhívhatja a tipikus védekező, ún. „leszállási” reakciót („Landungsreaktion”). Az ember életében viszonylag több alkalom adódik a statikus szerv ilyen működtetésére — abból kifolyólag, hogy járműveket használ, melyeknek mozgását (a tér minden irányába) átveszi. Egyébként a gerinceseknél úgyszólván mindenütt a statikus szerv az információs működés mindkét formáját ellátja.

A most vázolt fejlődésnek van egy „mellékvágánya”. A statocystában már a primitív gerinceseknél folyadék is van, az endolimfa, melyet a statocystát kibélelő epithelium választ el. A statolith ebben a folyadékban mozog (fajsúlya természetesen nagyobb, s így elmerül benne). A berendezkedés jelentősége valószínűleg az, hogy a folyadék a statolith tehetetlenségét csökkenti, viszkozitásánál fogva akadályozza, hogy a statolith a gyorsabb testhelyzetváltozásnál „túllendüljön”. Ugyanakkor a második működési formánál, mely éppen a tehetetlenségre épül, elősegítően közreműköd-

het: a test elmozdulásánál ugyanis a statolith-tal együtt tehetetlensége folytán a folyadék is visszamarad és az előbbinek hatékonyságát növelheti. Az „együtműködés” különösen jól érvényesül, ha a statocysta – illetve annak egy új változata – csőformát vesz fel, melyben a folyadékoszlop eltolódhat, és a statolith mozgásának külön nyomatékot adhat. Ilyen berendezkedés a „félkörös ívjárat” (canalis semicircularis), mely már a halaknál a „régébbi típusú” statocysták mellett megjelenik, és azokkal kooperálva (azokkal kommunikációban maradvá) főként a test forgó, forduló mozgásáról ad információt (ezért „forgási érzéknek” – „Drehungssinn” – is nevezték). A félkörös ívjáratok a téri koordináta-rendszer mindhárom síkjában (továbbra is egymással kommunikációban) kiképződnek, úgy hogy a test minden irányú forduló mozgását jelezni tudják. Működésük részletei nem tartoznak ide, csak rámutatunk arra, hogy a testhelyzetre vonatkozó információs rendszer milyen messzemenően és minden változatra kiterjedően kifinomodik, és az ősi statocysta – a szerkezeti elvet tovább is megtartva – milyen bonyolult apparátussá, a cystaszerű képződmények egész „labirintusává” (így is nevezik) terebélyesedik ki. Mindez nyilván összefügg azzal a tendenciával, hogy az állat fő cselekvésformájának, a lokomóciónak a vezérlése tökéletesedjék.

De a „mellékvágányt” valójában nem is azért említettük, hogy a testmozgásra vonatkozó információszoigálatató rendszer újabb kiterjesztését bemutassuk (nem feladatunk az összehasonlító morfológia és fiziológia ismert – bár részleteiben még ma is vitatott – tényeit leírni), hanem azért, mert *megteremtődik az előfeltétele egy olyan fejlődésnek, mely az adiafor determináció alakulása szempontjából különösen érdekes – minthogy a „mellékvágányon” át visszavezet annak elsődleges funkciójához, a valódi, teljes értékű és kizárólagos exterocepcióhoz.* Az alakulás akkor megy végbe, amikor a gerincesek elhagyják az őshazát, a vizet (ami természetesen nem zárja ki, hogy egyes fajok később másodlagosan visszatérnek a vízi életre). A halaknál a labirintus (most már nevezhetjük így) még lényegében csupán testhelyzet- és testmozgásérzékelő apparátus. A szárazföldi életben a közegnek (itt már a levegőnek) egy könnyen felidézhető, gyorsan terjedő, finoman gradált mozgása lép fel, a levegőrezgés – úgyszólván minden környezeti történés (mozgás, változás) melléktermékeként. A statikus szerv egy újabb

képződménye (mely előformájában már a halaknál is megvan, az ún. lagna) specializálódik ezeknek az általában kis intenzitású szeizmikus hatásoknak a felvételére. A hullóknél és a madaraknál a képződmény hosszabb csatornává nyúlik meg, az emlősöknél pedig csiga formájúvá csavarodik. Megfelelő közvetítő apparátus (dobhártya, columella, később a hallócsontocskák) segítségével a laganában, illetve a csigában levő folyadék (ezúttal a perilimfa) a rezgéseket átveszi. Az ingerhatás itt nem úgy áll elő, hogy a viszonylag rögzített (másodlagos) érzéksjtek szőrnyúlványait mechanikus (elhajlító) hatás éri — hanem különös módon az érzéksjtek szőrnyúlványaikkal együtt a perilimfa rezgését (vándorló hullámzását) átvéve maguk is mozognak, és beleütköznek egy ugyancsak kilengő membránba (membrana tectoria); így következik be a szőrnyúlványok elhajlítása, ami a tulajdonképpeni adiafor hatás. Az így megjelenő érzékelési forma nem egyéb, mint az az újfajta *hallás*, melynek jelentősége az állati élet továbbfejlődésében igen nagy. A látás mellett az lesz a legfontosabb távérzékelési rendszer, az embernél pedig a szociális interakció nélkülözhetetlen eszköze.

„Újfajta hallást” mondtunk, mert hallás kimutathatóan a halaknál is van (hanghatásokra dresszírozhatók); ingere: a vízben terjedő mozgások. De ezek felvétele még ugyanolyan jellegű és ugyanannak az apparátusnak a segítségével történik, mint általában a szeizmikus hatásoké. PUMPHREY elég meggyőzően bizonyítja, hogy a halak laterális szerve — hallószerv is. Sőt odáig megy — amiben nem követjük —, hogy „az oldalvonal funkcionálisan a hiányzó átmenet (»the missing link«) a taktilis érzék és a gerincesek tulajdonképpeni füle között” (PUMPHREY, R. J., 1950, 6. o.). Ugyancsak elterjedt a hang iránti érzékenység a rovaroknál; igen egyszerű szerkezetű, legtöbbször egyetlen érzéksjtből álló ún. chordotonalis sensillák veszik fel a levegőrezgéseket, s viszonylag differenciált, elsősorban a hangerősség időbeli oszcillációjától (amplitúdó moduláció) függő információt biztosítanak (egyetlen neuronon át). — Érdekes módon a múlt század végéig a gerinctelenek statikus szervét hallószervnek tartották (először „otocystáról” beszéltek, melyet csak később neveztek át „statocystának”); miután az új funkciót felfedezték

(először embernél), a másik túlzásba estek: hallást csak a gerinceseknek (a kétéltűektől felfelé) tulajdonítottak. A sok vitás kérdés és felderítetlen összefüggés ezen a területen nem érinti alapvető elgondolásainkat, melyek szerint a morfológiailag és funkcionálisan különböző hallószervek működésében és cselekvésirányító szerepében egyaránt az adiafor determinációs szkéma érvényesül. A hangingerek hatásának elsődleges adiafor jellege nyilván nem függ a felvevő apparátustól.

A statikus szerv által nyújtott információk – a testhelyzetről és testmozgásról – nem vezetnek mindig a szó igazi értelmében vett „érzékeléshez”. Már MACH úgy vélte, hogy a statikus apparátus nem érzékszerv, hanem „reflexszerv”. Valóban, amikor pl. állunk, folytonosan egyensúlyozunk, vagyis a test kifokú kilengéseit állandóan korrigáljuk – anélkül, hogy a kilengéseket (dőléseket) érzékelnők, vagy a korrigáló mozgásokról tudomásunk volna. Az egyensúlyozó folyamat éppen úgy pszichikus jelenségek közreműködése nélkül zajlik le, mint bármely más fiziológiai folyamat. Az egyensúlyt biztosító korrigáló mozgásokat a statikus szervből kiinduló jelzések nagyon pontos szenzomotoros koordinációs rendszer alapján vezérlik. Merev reflexes működési rendszerről van szó, mely nem fér össze a pszichikus determináció „szabadságával”, ahogyan korábban kifejtettük. A merevség itt is azt jelenti: az információk nem kapcsolhatók át; mindig automatikusan az előírt reakciót (korrekciót) váltják ki. A berendezkedés az emberi test labilis egyensúlyával függ össze, mely a mellső végtagoknak a talajtól való emancipációja és a két lábon járás következtében állt elő. A testhelyzet automatikus védelme elsőrendű biológiai szükségesség. – A testmozgás vesztibuláris érzékelése ugyancsak háttérbe szorul – más okokból, melyeket később tárgyalunk. Ugyanakkor elsietett az az állítás, hogy a testhelyzet „érzékelése” a statikus szerv által egyszerűen nem létezik (ahogyan egyes pszichológusoknál olvashatjuk, pl. METZGER, W., 1941, 10. o.). A dőlést (bizonyos szög nagyságon felül), a forgást, sőt a lineáris elmozdulást is – minden másfajta információ hiányában is – közvetlenül érzékelnünk tudjuk. (Az a vita, hogy ilyen esetben a vesztibuláris információ alapján valamilyen külön érzékleti modalitás jelenik-e meg, vagy pedig csak valamilyen vizuális „képzeleti kép”, esetleg „puszta

tudás” a dőlésről — a mi fejtegetéseinket nem érinti.) A fejlődési „mellékvágány” terméke, a hallás, természetesen teljes értékű érzékelés, ugyanúgy mint a többi exteroceptor működése.

## 26. A „kerülő út” kiiktatása. A visszacsatolás elve és a kinezteízis

Már korábban, a 15. fejezetben, a lamellás tokkal ellátott VATER-PACINI-féle testecsskékről azt mondtuk, hogy nagyobb számban ott található, ahol természetes módon a végtagok mozgásából kifolyólag nagyobb nyomásnak vannak kitéve. Ott nem figyeltünk fel egy különleges mozzanatra ebben a megállapításban. A nyomás, melynek reziduuma az adiafor hatás, ezúttal nem a környezetből származik, hanem az *organizmus saját tevékenységéből*. Amikor a végtagok és a test részei az izomműködés következtében relatív helyzetüket változtatják (akár a flexiós, akár az extenziós változtatban), a bőr — és még inkább a mélyebb rétegek — elkerülhetetlenül komprimálódnak vagy meghúzódnak, s így nagyrészt tangenciális nyomáshatások állnak elő. Amiről tehát az adiafor hatások közvetítésével az organizmus ez esetben információt nyerhet, az *saját végtagjainak mozgása*, illetve a végtagok és a test részeinek egymás közötti téri viszonylatában beálló változások. Az ilyen helyeken található tapintási végkészülékek tehát nemcsak „exteroceptív”, hanem „proprioceptív” feladatot is ellátnak (REIN, H., 1943, 367. o.). A macska lábujjának flexor ínja alatt levő VATER-PACINI-féle testecskek proprioceptív szerepét már korábban és meggyőzően demonstrálták (ADRIEN, E. D. és UMRATH, H., 1929). Sőt, tapintótestecskek nemcsak a szubkután szövetben, hanem — magasabb gerinceseknél — az ízületek és az inak közelében is található (pl. a HERBST-féle testecskek a legtöbb madár tibiájának periostján, teljesen elfedve izmok és inak által). Ezeknek a szerepe már túlnyomórészt proprioceptív.

*Megint azt látjuk, hogy az organizmus az adiafor determinációs modell felhasználásával nyer információt „saját” mozzanatairól, de 1. ezúttal nem az egész test helyzetéről vagy elmozdulásáról (pl. külső lökés következtében), hanem a test részei — a végtagok,*

a törzs és a fej – kölcsönös helyzetének változásairól, vagyis röviden: *saját viselkedéséről, 2. nem kerülő úton*, nem egy közvetítő „külső folyamat” (mint a statolith mozgása) felidézésével. A „saját mozzanat” ezúttal közvetlenül alterálja a külső adiafor hatások felvételére kiképeződött bőrreceptorokat. Az eltérés mindkét pontjának külön jelentősége van.

Az első ponttal kapcsolatban feltehetjük a kérdést: mi az értelme annak, hogy az organizmus „információt” kap saját tevékenységéről, vagyis valamiről, amit ő maga kezdeményez és végez el (legtöbbször eleve kívülről kapott információk alapján)? Vagy egyszerűbben: mire használhatja ezeket az információkat? Az egész test helyzetéről vagy elmozdulásáról nyert információk esetén e kérdésre világosan válaszolhattunk: az organizmus lokomóció (és egyéb) tevékenységének többek között a fenti mozzanatokhoz is „igazodnia” kell, lefolyását részben azok is módosíthatják. Minden információ alapfunkciója valamilyen cselekvés vezérlése; de milyen funkciója lehet az információnak magáról a cselekvésről, a végtagok és a test részeinek kölcsönös helyzetváltoztatásairól, végső soron az izomkontrakciókról? Milyen része lehet magának a cselekvésnek a vezérlésében? A válasz közelfekvő: az újfajta információk lehetővé teszik a *visszacsatolós elv* érvényesülését a cselekvés irányításában – ugyanúgy, mint az általunk konstruált gépi rendszerek működésében. A működés minden szakaszáról „visszajelentés” érkezik a szabályozó központba, és befolyik a következő szakasz determinációjába. A visszajelentés leglényesebb tartalma: „program szerint” zajlott-e le az illető szakasz, vagy nem? S ha nem, mennyiben tért el tőle? A visszacsatolós működési elv óriási jelentőségének további taglalásába nem bocsátkozunk, mert közismert. De külön kiemeljük a következőt: azzal, hogy a bőrreceptorokat kényszerűen jellegzetes nyomásingerek érik – az organizmus saját cselekvéséből eredően is, a visszacsatolós elv alkalmazása szinte „felkínálkozik” a fejlődés számára. És, ami elméletünk szempontjából különösen fontos, a *visszajelentés az eredetileg külső információk felvételére kiképeződött adiafor determinációs apparátus segítségével realizálódik*.

Ezzel már valójában eljutottunk a második pont tárgyalásához. Mint mondtuk, ezúttal nincs szükség „kerülő útra a külvilágon át”, az organizmus saját mozzanata közvetlenül szolgáltat ugyanolyan

jellegű ingereket a bőrreceptorok számára, mint a külső mechanikus hatások. A kérdés, ami itt elsőnek felmerül: hogyan tud az organizmus különbséget tenni a kívülről jövő és a saját működésből származó nyomásingerek között? Nem származik-e ebből zűrzavar a cselekvés vezérlésében? Ehhez egyelőre csak annyit: a nyomásingerek támadópontjai a bőrfelületen (illetve a bőrben) és azok térileg elrendezett együtteseik egészen mások az egyik, mint a másik esetben. A saját működésnél a nyomás-együttes mind téri, mind intenzitásbeli eloszlás tekintetében nagyon jellegzetes, s csak a hajlítás vagy a kinyújtás amplitúdójával variál — ugyancsak jellegzetes módon.

Ez a különbség nagyjából elégséges ahhoz, hogy különböző szerepet kapjanak a cselekvés vezérléséhez. Mégis e fontos differenciálódásnak mintegy „segítségére jön” egy másik alakulási tendencia, melyet a nyomásingereket felvevő receptoroknál már regisztráltunk és „adiaforizálásnak” neveztünk: a receptorok a kültakaró egyre mélyebb és védettebb rétegeibe süllyednek (sőt legtöbbször külön védőburokkal is rendelkeznek), hogy a felveendő nyomásreziduumot lehetőleg a leggyengébbre (adiafor szintre) szorítsák le. De ugyanakkor egyre inkább alkalmassá válnak, sőt specializálódnak az ízületek tájékán (az izomműködés következtében) beálló belső mechanikus hatások (szövetek kompressziója vagy meghúzódása) felvételére; az utóbbi hatások ugyanis a mélyben kiadósabbak, mint a felületen. Ezért jelennek meg itt nagyrészt védőburokkal is ellátott végkészülékek (VATER-PACINI-, GOLGI-, HERBST- stb. -féle testecskek). *Ezúttal is olyasmi megy végbe a filogenezisben, ami más okból fejlődik tovább, mint amilyen okból megindult:* a testfelületi mechanoreceptorok mélybe süllyedése eredetileg az adiaforizálást szolgálta, de azután „kiderül” róluk, hogy így — mélyebb rétegekben elhelyezkedve — különlegesen alkalmasak egy másik funkció, a visszajelentés ellátására, és ennek szolgálatában fejlődnek tovább. A „mélybe süllyedést” természetesen nem úgy kell értelmezni, mint tényleges vándorlást a mélyebb rétegek felé (ami esetleg az ontogenezisben visszatükröződik), hanem úgy, hogy fajok jelennek meg, amelyeknél a mechanoreceptorok egyre inkább a test belsejében találhatóak. Visszajelentést (a végtag mozgásáról és helyzetéről) ellátó proprioceptorok működnek már az Arthropodák törzsében, mindenesetre még a testfelüle-



ten vagy ahhoz közel elhelyezkedő mechanoreceptorok formájában (a rovaroknál — az ún. hajszál- és campaniformis sensillumok, lásd PRINGLE, J. W. S. úttörő vizsgálatait, 1938, 1948).

De ugyancsak az Ízeltlábúaknál — a rákok osztályában (Crustacea) — ennek az alakulásnak a legjelentősebb lépése is regisztrálható: mechanoreceptorok jelennek meg magában a cselekvést végző mozgásapparátusban: az izmokban és az inakban. Ezek a nyújtómozgásnál idegimpulzust produkáló receptorok („stretch receptors”) már emlékeztetnek a gerinceseknél (kétéltűeknél és főként az emlősöknél) található izomorsókra. (Először ALEXANDROVICZ, J. S. mutatta ki őket a homárnál — *Homarus vulgaris* — és a langusztánál — *Palinurus vulgaris*, 1951 és 1952). Némileg hasonló receptorokat találtak a lepkék izomzatában is (FINLAYSON, L. H. és LOWENSTEIN, O., 1955). Mindenesetre ezekben a receptorokban még primer érzéksejtek is vannak, mint az említett sensillumokban. Az alakulás nagy jelentősége az, hogy az új receptorokat — elhelyezkedésük folytán — már *kizárólag olyan mechanikus hatások érhetik, melyek az izomrostok működéséből származnak*; a fent említett megkülönböztetési probléma tehát tárgyaltan. A gerincesek izomreceptorai, az izomorsók, több tekintetben hasonlítanak a már tárgyalt mechanoreceptorokra: az idegvégződés itt is lamellás szerkezetű kötőszöveti tokban van; a tok orsó formájú és néhány különlegesen átalakult izomrost (intrafuzális izomrost) körül képeződik ki (azok középső, „ekvatoriális” részén), ahol is az afferens idegvégződés e rostok köré csavarodik (annulospirális rendszer). Az izomorsók azt a nyomást veszik fel, melyet a szomszédos (extrafuzális) izomrostok az extenziónál rájuk gyakorolnak.

A különleges berendezkedés jelentőségét és az intrafuzális rostok külön, központilag is befolyásolható szabályozó működését itt nem tárgyaljuk. Csak rámutatunk arra, hogy az adiafor determinációs modell ezúttal már teljesen egy belső szerkezeti képlet szerepét veszi át: az egyik izom működéséről „jelzést” vesz fel és vizsát (bonyolult úton és átkapcsolásokkal — és megfelelő módosító effektusokkal) egy másik izomra, hogy működésüket összehangolja. Az egyik szerv — ez esetben izom — működésének igazodása a másik szerv működéséhez a környezeti hatásokhoz való igazodás mintájára megy végbe. *De az, hogy adiafor hatások működnek*

közre, csak a környezeti eseményekhez való igazodásnál logikailag kényszerítő és biológiailag teljes értelmű. Az extrafuzális izomrost nyomása az orsóra nem minősülhet biológiailag úgy, mint egy kívülről jövő hatás — hiszen maga is „életfolyamat”, nem kívülről reakényszerített történés — mégis, hogy egy másik működő egység számára „jelzéseként” szerepeljen (a pontos együttműködés érdekében), szinte „leutánozza” (ha szabad így mondanunk) a kívülről jövő, ártalmatlan és jelentőség nélküli „adiafor” hatást, és ugyanolyan típusú szerkezetet használ fel: receptort, melyben megfelelő vezetékben továbbterjedő idegimpulzust idéz fel. Ez nem valamilyéle magától értetődőség; az adiafor determinációs modell felhasználása ilyen célra nem kényszerű vagy szükségszerű: van egy sokkal ősbibb „összehangolást biztosító” módszer — „hírvivő anyagok” transzportálása útján. Ilyen elsősorban a hormonális rendszer, mely az élő organizmusokhoz (a növényekben is) állandóan végbemenő nedváramlást és -keringést használja fel. De úgy látszik — s erre a továbbiakban is támpontokat találunk — az adiafor determinációs modell bevonása a szervezet belső integrációjába, a részek működésének összehangolásába, bizonyul a fejlődés számára könnyebben járható útnak.

Az izomorsókkal analóg funkciója van az ún. ínorsóknak vagy GOLGI-féle testecskéknek, melyek az inakon található; ezek mindenestre az izmok kontrakciójánál produkálnak idegimpulzust (bár funkciójukat illetően még nincs teljes egyetértés). Védő burkuk nem olyan kifejezett, mint az izomorsóké. Valójában a mozgásapparátus minden részében vannak többé-kevésbé hasonló receptorok — valamennyien a végtagok vagy testrészek mozgásából eredő mechanikus hatások felvételére. Együttes működésük az alapja annak, amit általában *kinesztézisnek*, *saját mozgásunk érzékelésének* neveznek.

Az elnevezés kissé félrevezető. Megint rá kell mutatnunk arra, hogy a szóban forgó ingerfelvevő rendszer működése nagyrészt reflexszerű; különösen áll ez az izom- és ínorsókra. A fiziológiai könyvek részletesen leírják az izmok ún. saját reflexeit, melyek a teljes izomműködést, főként az antagonista izmok összjátékát (a sima, jól vezetett mozgás érdekében) biztosítják. Az információk itt is egyértelműen — „jeladások” meghatározott, mereven megszabott működésekre; hiányzik az az idegrendszeri reprezentáció,

amihez „szabadon” kapcsolódhatik (vagy egyáltalában nem kapcsolódik) valamilyen cselekvés, ahogyan ezt az „igazi” érzékelésnél láttuk. Ezek az információk tehát éppoly kevésbé képviselnek pszichikus jelenséget, érzékelést, mint azok a statikus szervből jövő információk, melyek a test egyensúlyának állandó fenntartása érdekében automatikusan korrekciós intézkedéseket hívnak elő. Viszont ugyanúgy pszichikus szintre emelkedhetnek. Mindenesetre az, amit a szó igazi értelmében ilyenkor „érezkelünk”, nem izmaink mozgása (különösen nem azok összehúzódása), hanem végtagjaink és testrészeink mozgása, illetve azok kölcsönös helyzete. A kinesztétikus apparátus tehát nagyrészt „reflexszerv”, de működhet mint „érezkszerv” is.

A statikus szerv működése is — bár az előző fejezetben még nem utaltunk rá — lehet visszajelentés jellegű. Az egyensúlyi helyzetből való kikerülés, a dőlés vagy az egész test elmozdulása előállhat az organizmus saját tevékenységének eredményeként (akár annak programja szerint, pl. az akaratlagos megdőlésnél és a lokomóciónál vagy programon kívül). *Az ilyenkor fellépő vesztibuláris jelzések mindig párhuzamosan és törvényszerűen meghatározott együttesben jelennek meg a kinesztétikus visszajelentéssel*, mely természetesen az egész test elmozdulását létrehozó izomműködésnél is beérkezik. Minden jel szerint a kinesztétikus információ megbízhatóbb és nagyobb súllyal esik latba a tevékenység vezérlésében — első sorban azért, mert annak minden szakaszában csaknem folytonosan előáll, míg vesztibuláris információt az organizmus csak a testmozgás sebesség- és irányváltoztatásairól nyer. Viszont a kinesztétikus információ (az egész test elmozdulásáról) nem közvetlen; bonyolult információfeldolgozásra van szükség, hogy az organizmus az izomösszehúzódásról nyert közvetlen visszajelentésekből először a végtagok és testrészek elmozdulását, majd azokból az egész test mozgását a térben mintegy „kiszámítsa”. Ennek az információfeldolgozásnak különös jelentősége van a lokomócióról szóló visszajelentések megalapozásában — minthogy ez az állat fő tevékenységformája (a Primata szinten alul).

De a visszajelentés tovább bővíthet. Az organizmus visszajelentést kaphat saját tevékenységéről — *optikai közvetítéssel* is. Az állat adott esetben *láthatja* saját végtagjainak mozgását. Ennek a visszajelentésnek az állatnál talán nincs komolyabb szerepe —

annál inkább azonban az embernél, akinél a kéz mozgásai – főként a manipulációs mozgások – mindig a szem nézőterében zajlanak le. Sőt az ember manipulációs cselekvésének vezérlésében a vizuális visszajeletésnek minden bizonnyal sokkal fontosabb szerepe van, mint a kinesztétikusnak. A látás kiesése a manipulációt rendkívül megnehezíti. Amikor kísérletileg előállított mesterséges helyzetben a vizuális visszajeletés a kéz mozgásáról nem illik össze, sőt ellentétes a kinesztétikus visszajeletéssel, akkor a vizuálisnak „hiszünk”, vagyis a további kézmozgást az utóbbi szerint korrigáljuk (lásd pl. NIELSEN, T. I. szellemes kísérleteit, 1963).

A lokomóciós tevékenység vezérlésében a vizuális visszajeletésnek egy egészen más formája is szerephez jut. Minthogy minden lokomóciónál a látóapparátus is helyét változtatja, a környezet képe a recehártján szükségszerűen és totálisan, minden részletében egyformán, ugyanabba az ellentétes irányba és ugyanazzal a sebességgel (vagy gyorsulással) eltolódik. Ez is pontos információt adhat a test saját elmozdulásáról – akkor is, ha a mozgás nem az organizmus saját tevékenységének eredménye (pl. lökés következtében). De ennél a visszajeletés-formánál még nagyobb súllyal felmerül az a probléma, melyre az előző fejezetben a bőrreceptorok visszajelentő funkciójával kapcsolatban már utaltunk. A külvilág képének fent jellemzett módon való eltolódása a recehártján elvben származhat a külvilág tényleges totális elmozdulásából, miközben természetesen az organizmus mozdulatlan. Ilyen totális környezeti mozgás előfordulásának valószínűsége az állat életszínterében mindenesetre nagyon csekély, s így információs „összetévesztésre” nemigen kerülhet sor. Ugyanakkor az állat számára – már kezdetleges formáknál – kiemelkedően fontos a környezet egy részlegének vagy egy tárgynak (üldöző, préda) külön, elszigetelt mozgása. A filogenezis során – a természetes kiválasztás elvének megfelelően – a vizuális érzékelő rendszer úgy alakul, hogy a saját mozgásból származó recehártyakép-eltolódás mint információ egészen másképp „dolgozódik fel”, mint a környezet egy részének tényleges mozgásából származó vizuális információ. A látás egyik alapproblémája az információ feldolgozásának ez a differenciálódása – különösen azért, mert a látóapparátus a legtöbb állatnál a test mozgásától függetlenül is mozoghat, sőt az emlősöknél a szemmozgás a nézés funkciójához tartozik. A recehártyakép eltoló-

dása mindenesetre a legtöbb esetben nem folytonos, hanem lépésekben (per saccades) történő képváltás (éppen a szakkadikus szemmozgás következtében) – de ez fejtegetéseink szempontjából irrelevant. Az idevágó tényekkel kapcsolatos problematika rendkívül szerteágazó; annak tárgyalásába itt nem bocsátkozhatunk.

Lokomóciós tevékenységéről tehát az organizmus együttes kinesztetikus, vesztibuláris és vizuális visszajelentést kap. Ebben az együttesben a három különféle információ nem variálhat teljesen tetszés szerint, bizonyos „összetartozások” törvényszerűek. Mégis egyik vagy másik komponens kieshet, pl. a kinesztetikus információ, amikor az állat csúszik vagy esik, vagy valamilyen jármű segítségével változtatja helyét (az ilyen lokomóció jelentőségét az állatnál sok kísérletben vizsgálták). A vizuális visszajelentés is kieshet, pl. teljes sötétségben. Érdekesen demonstrálja a vizuális visszajelentés elentőségét az embernél az ún. autokinetikus mozgáscsalódás. A kísérleti személy egy teljesen elsötétített szobában egyetlen fénypontot lát: ebben a szituációban a recehártyakép eltolódása pontosan ugyanolyan a szemmozgásoknál, mint a tárgy (a fénypont) elmozdulásánál; ez a csalódás fő oka, de egyúttal azt is bizonyítja, hogy a szemmozgás kinesztetikus visszajelentése egymagában nem biztosítja a helykonstanciát, vagyis azt, hogy a fénypontot mozdulatlanak lássuk. Az érzékelés megbízhatóságát – s ez általános törvényszerűség – az információk redundáns együttese garantálja. A vesztibuláris jelzés feltehetően csak a nagyon lassú mozgásoknál marad el. Az ember, ahogy ezt a kísérletekből tudjuk, hajlamos pusztán a vizuális komponens alapján, amikor az egész – vagy majdnem az egész – környezet totálisan és minden részében párhuzamosan elmozdul, míg a személy maga mozdulatlan, saját maga mozgását érzékelni (indukált saját mozgás). Újabb kísérletek eredményei arra engednek következtetni, hogy az állatok, ha legalább a vesztibuláris jelzés nem társul hozzá, pusztán az optikai szituáció jellegzetes eltolódásánál (tehát objektív környezeti változásnál) nem érzékelik, hogy saját maguk mozognak, hanem azt látják, ami ténylegesen történik (KARDOS L. és DE RÉNOCHE, I., 1966, 1970).

## 27. A kinesztézis visszaváltása exteroceptív funkcióra.

### A haptikus érzékelés

Az előző fejezetekben nyomon követtük azt az alakulást, melynek során a külső adiafor hatások felvételére kiképeződött szerkezetek funkciót váltanak, s a test, a testrészek vagy az izmok mozgásáról, helyzetéről, összehúzódásáról stb., vagyis az organizmus saját mozzanatairól, adnak információt (propriocepció). Az ősi forma mindenütt: az exterocepció, melyben az adiafor determinációs szkéma teljes értelműen érvényesül. Ezt az ősi eredetet igazolta a funkció sajátos „visszaváltása” is a fejlődés során: a statikus szerv egy részlege visszaalakul teljes értékű exteroceptorra, először szeizmikus, majd hallószervvé. Hasonló részleges „visszaváltást az ősi funkcióformára” mutathatunk ki a kinesztétikus apparátus működésében is.

Mi történik, ha a végtag mozgása közben valamilyen akadályhoz ér és nem mozgatható tovább? A mozgást megalapozó izomösszehúzódás leáll, s ezután a végtag legfeljebb csak nyomást gyakorol a mozgást akadályozó közegre vagy tárgyra, vagyis az izotonikus izomműködés átvált izometrikusra; az izom nem rövidül meg, csak belső tenziója növekszik. De, mint tudjuk, ez is nyomáshatást (különös módon ugyancsak extenziós hatást – az intrafuzális rostok poláris végeinek kontrakciója folytán, LISSMANN, H. W., 1950) gyakorol az izomorsók annulo-spirális idegvégződéseire; tehát erről is információ érkezik be. (Hogy ez az emlősöknél hogyan differenciálódik el a passzív extenzióból származó nyomáshatástól, szükségtelen kifejtenünk. Egyébként is az információfelvétel és -továbbítás technikai problémái és azok megoldásai – eltekintve az elvi lehetőségek kimutatásától – fejtegetéseink szempontjából irrelevánsak.) Mindenesetre az így előálló adiafor hatás információt adhat arról, hogy a mozgó végtag valamely pontja akadályba ütközött. Régebbi pszichológusok „ellenállás-érzékelésről” („Widerstandsempfindung”) is beszéltek. Azt, hogy a test vagy a végtag mely pontja ütközött az akadályba, taktilis jelzések adják meg; az akadályt a taktilis-kinesztétikus információ-együttes segítségével a testfelület megfelelő pontjára lokalizáljuk. Az izomműködés fennakadása tehát – az általa fel-

idézett adiafor hatás és idegimpulzus közvetítésével – részt vehet a külső tárgyról szóló információ megalapozásában.

Mielőtt továbbmegyünk, röviden visszautalunk arra, amit az állat járási (ambulatorikus) ritmusának vezérléséről a 18. fejezetben mondtunk. Ez a ritmus fennmarad, ha a taktilis ingerületeket vezető idegpályákat átvágják; vagyis a talaj elérésének taktilis jelzése kieshet. Most láthatjuk, hogy ez esetben a talaj ellenállásáról szóló kinesztétikus információ helyettesítheti a taktilist. Mindenesetre a pusztá helyettesítés lehetőségénél többet állapítottak meg: a kinesztétikus információk döntőbb módon vesznek részt a járás műveletének irányításában, mint a taktilis jelzések; az előbbieket kiesése súlyosan megzavarja a járást (lásd fent!). Hamarosan megkíséreljük, hogy erre is némi magyarázatot találjunk.

Mint fent mondtuk, az izomműködés fennakadása információs bázisa lehet egy külső akadály (tárgy) jelenlétének – és annak is, hogy a tárgy hol van, a test mely pontját éri. A *kinesztézis* tehát legalábbis részben *exteroceptív funkcióra válthat át*. A további alakuláshoz meg kell gondolnunk a következőt: az akadály nem jelenti szükségszerűen, hogy a végtag mozgása *teljesen* leáll; esetleg – *nagyobb erő kifejtés árán* – folytatódhatik, akár úgy, hogy az akadályt az állat elmozdítja, akár úgy, hogy deformálja, pl. benyomja. A nagyobb erőfeszítésnek az izomműködés jellegzetes változása, a kontrakcióban részt vevő rostok számának és a kontrakciós impulzusok frekvenciájának növekedése felel meg. Mindez az izomreceptorok útján jellegzetes kinesztétikus ingerületi együttest idéz fel, ami alapja lehet *az akadály természetére* (tehát nemcsak pusztá jelenlétére) vonatkozó információnak. Éspedig informálhat: 1. az akadályozó tárgy *tömegéről* – aszerint, hogy annak elmozdításához milyen izomerő többlet szükséges, és 2. annak *halmazállapotáról* – aszerint, hogy deformálásához milyen erő kifejtés szükséges.

Mielőtt a két információs lehetőséget kissé közelebből megvizsgáljuk, rámutatunk arra, hogy a tárgyról mint „akadályról” beszélni – akkor, amikor annak elérése benne van a cselekvés programjában, nem egészen helyénvaló, pl. amikor az állat lépés

közben a talajt eléri. A mozgás „akadályozása” ilyenkor szükséges mozzanat a művelet számára. De éppen itt van különleges jelentősége annak, hogy az akadály nem mindig „teljes” – a végtag a talaj elérése, vagyis a taktilis jelzés után – a talaj halmazállapota szerint – tovább mozoghat és variábilis mélységig benyomhatja azt. A kemény, puha, süppedékes, pocsolyás stb. talajt jellegzetes taktilis-kinesztétikus ingerületi együttesek jelezhetik, melyek az állat lokomóciós mozgását megfelelően átdeterminálhatják. Könnyen belátható, hogy ezen a ponton a kinesztétikus komponens jelentősége a lokomóció szempontjából döntőbb: a végtagműködés váltogatására (az ambulatorikus ritmusnál) csak akkor kerülhet sor, amikor a nyomás során a talaj bizonyos erősségű ellenállása lép fel, vagyis a láb kellő „támasztékra” („foothold”) talál. A pusztá taktilis jelzés nyilván nem elegendő; a továbblépéshez szükséges, megfelelő szilárdságú (megfelelő ellenállást tanúsító) talaj vagy talajréteg elérését csak a mozgás fennakadásával járó kinesztétikus ingerület jelezheti. Ez magyarázza meg a kinesztézis korábban tárgyalt szerepét az ambulatorikus ritmus fenntartásában (elsősorban négylábú állatoknál és az embernél, de a proprioceptorokkal rendelkező rovaroknál is; sőt a közönséges csótánynál – *Periplaneta orientalis* –, ahogyan ezt PRINGLE megállapította, külön receptorok, a lábakon levő campaniformis sensillumok, szolgálnak a talaj ellennyomásának, és más típusú proprioceptorok, a szőrlemezek, az ízület helyzetének jelzésére – PRINGLE, J. W. S., 1938 és 1956). Ezt nem érinti az, hogy a kinesztétikus receptorok szerepe feltehetően csak reguláló (a mozgást finomabban árnyaló), de nem kezdeményező, s adott esetben cerebrális ingerlésre az ambulatorikus mozgásritmus kiváltható – mindenestre csak az intakt végtagban (SMITH, C. G., METTER, F. A. és CULLER, E. A., 1940). Az akadálynak mint lokomóciós támpontnak az érzékelése természetesen csak a talajon vagy valamilyen aljzaton közlekedő (járó, futó, ugró, kúszó) állatoknál jön számításba. A lokomóció más formáinál (úszás, repülés) egyáltalában nincs, vagy egészen más szerepe van.

A tárgy „elérése” a manipulatorikus cselekvésformáknál is „programszerű”, vagyis szükséges mozzanat a művelet lefolytatá-



sához. De szerepe egészen más: a fellépő inger itt általában *jelzés a fogás műveletéhez*, melyet az állat a végtag disztális végével hajt végre. Ehhez meg kell gondolnunk a következőt: a fogás művelete a majom szintjén (még az antropoidoknál is) elsődlegesen a lokomóció szolgálatában áll. A majmok zömmel fán élő állatok (csak egyes emberszabású fajok térnek át részben a teresztriális életformára). A fákon való lokomóciót azonban másképp bonyolítják le, mint más alacsonyabb rendű, ugyancsak arboreális fajok: a fogó művelet segítségével megkapaszkodnak az ágakban, és átlendülnek egyik helyről a másikra („légtornász” módjára közlekednek). A megfogott és elegendően szilárd ág vagy fatörzs ugyanúgy támaszpontul szolgál, mint a szilárd talaj a lábbal közlekedő állatoknál. Az átlendülő mozdulat megindításában a fogásnál nyert taktilis-kinesztétikus ingeregyüttes lényegében ugyanazt a szerepet tölti be, mint a „foothold” elérésénél nyert hasonló jellegű ingeregyüttes.

De már az antropoidok szintjén a végtagok fogó művelete más célt is szolgálhat, mint a lokomóció különleges formáját. Az állat a megfogott tárggyal *manipulálhat*: 1. elmozdítja (átviszi valahova, meglöki, eldobja), 2. átalakítja (összenyomja, eltöri, formálja stb.). Egyik különleges és nagy jelentőségű mozzanat: a fogás művelete által a tárgy mintegy hozzáerősítődik a végtaghoz, adott esetben (ha a tárgy egy bot) meghosszabbíthatja azt, és akcióradiusát növelheti, vagy erősíti a végtagot (a kézbe vett kő). Mindez kiindulópontja annak a rendkívüli fejlődésnek, mely az emberi kéz bámulatosan sokrétű manipulatorikus műveleteihez vezet. Nem szorul magyarázatra, hogy e műveletek során szükségszerűen együtt lépnek fel taktilis és kinesztétikus ingerek, melyek gazdagon szolgáltathatnak információkat a megfogott tárgy tömegéről (súlyáról) az el- vagy megmozdításnál, a halmazállapotról a nyomásnál és megszorításnál, sőt az elért tárgy formájáról a letapogatásnál, felületi tulajdonságairól, simaságáról, érdességéről, domborulatairól, s végül — ugyancsak a kinesztétikus ingerek közvetítésével — az elért tárgy testünkhöz viszonyított helyéről. Az érzékelésnek arról a formájáról van itt szó, melyet Révész óta haptikus érzékelésnek neveznek (szemben a taktilissal, mely a testfelületet érő, nem a test saját mozgásából származó nyomásnál áll elő). A tárgyról való információszerzés újszerű, csak az embernél megjelenő módja ez,

melyben a kinesztézis, az izmokban és a mozgásapparátusban levő receptorok játsszák a főszerepet. Vagyis: *a kinesztézis a proprioceptív funkcióról nagy arányokban visszavált az exteroceptióra, az adiafor determináció ősi funkciójára*. A visszaváltás néha szinte extrém formában mutatkozik meg: amikor a kézben tartott tárgyat mozgatjuk, sokkal inkább a tárgy mozgása az, amit közvetlenül érzékelünk, mint a végtag (a kar vagy a kéz) mozgása — amint arra újabban rámutattak (VARJASI E., 1968).

De a mód, ahogyan a kinesztézis visszavált az exteroceptív funkcióra, sajátos és elméletünk szempontjából tanulságos. Emlékeztünk: a statikus szerv működésének alapja az volt, hogy az organizmus saját mozgása, a test vagy a fej helyváltoztatása, a környezeten át vezető „kerülő úton”, egy „külső” folyamatnak, a statolith mozgásának felidézése útján szolgáltatott adiafor hatásokat a speciális bőrreceptorokra (a statocysta „bélésében”). A kinesztézisnél ilyen „kerülő út használat” nincs; itt a bőrreceptorok vándoroltak a mélyebb rétegekbe, a mozgásapparátusba s végül magukba az izmokba, s ott vesznek fel a külső hatásokkal teljesen analóg adiafor hatásokat, melyek a mozgásapparátus működésénél melléktermékként előállnak. Így jelennek meg a „belső” ingerek. A kinesztézis visszaváltása az exteroceptióra mármost oly módon megy végbe, hogy *az ingerfelvételnél újra megvalósul a „külvilágon át vezető kerülő út”*: a végtag vagy a testrész — mozgása közben — elér egy külső tárgyat, nyomást gyakorol rá, provokálja annak ellennyomását (ez a felidézett környezeti történet, a statikus szervnél: a statolith mozgása). Az így előálló adiafor nyomás-hatás fizikailag pontosan ugyanolyan, mint ha a külső tárgy saját mozgása folytán gyakorolna hatást a bőrfelületre. Mégis — a kerülő út használat ellenére — a statikus szerv működési formájától való eltérés is felismerhető: az utóbbinál a testmozgás által felidézett „külső” történet (a statolith mozgása) magáról a testmozgásról (illetve az új testhelyzetről) ad információt — és még nyomokban sem a „külső” történetről (a statolith mozgásáról) vagy a mozgó „külső” tárgy (a statolith) természetéről. Ezzel szemben: a végtag mozgása által provokált ellennyomás magáról a tárgyról nyújt információt (tömegéről, halmazállapotáról, felületi tulajdonságairól, formájáról, sőt helyéről).

A kissé bonyolult gondolatmenet talán könnyebben érthető, ha egy más aspektusból magyarázzuk. A haptikus információnyerés leírható mint egyfajta „operacionális” eljárás. Az organizmus bizonyos eljárást alkalmaz, hogy — a tárgy reakciójából erre az eljárásra — megtudjon valamit a tárgyról; pl. nyomást gyakorol rá, hogy „lássa”, milyen nagyságú ellennyomással válaszol, vagyis, hogy kemény-e vagy puha; elmozdítja (felemeli), hogy „lássa”, milyen ellenállást fejt ki, és milyen erő kifejtését kíván tőle az elmozdítás vagy felemelés, vagyis, hogy nehéz-e vagy könnyű; végtagjával eléri a tárgyat, hogy „lássa”, milyen nagyságú és irányú mozgással érkezett el a taktilis érintési jelzésig, s így „megállapíthatja” a tárgynak a testhez viszonyított helyét; sőt (ez különösen az állatokra áll) bizonyos hosszúságú, irányú és formájú úton eljut a tárgyhoz (pl. az enivalóhoz), amiből „megállapítja”, hol van az a környező mezőben a kiindulópontához viszonyítva. Ennek a kinesztetikus „helymegállapításnak” a jelentőségét az állat lokomóciós tanulásában már WATSON hangsúlyozta; szerepét újabban konkrétebb formában, éspedig az ún. „mnemonikus mező” kialakulásában, behatóan vizsgálták (KARDOS L. és munkatársai — 1957 óta). Az információszerzési eljárás a mérlegen való súlymérésnél lényegében ugyanaz, mint a közvetlen súlyérzékelésnél. Az előbbinél úgy intézzük (megfelelő operációval: a tárgyat rátesszük a mérlegre), hogy a tárgy — súlyánál fogva — egy skálamutató mozgását felidézze; a közvetlen súlyérzékelésnél megemeljük a tárgyat (itt ez az „operáció”), hogy ellenállását provokáljuk.

## VI. A CSELEKVÉS ADIAFOR DETERMINÁCIÓJÁNAK TOVÁBBI ALAKULÁSA.

### INTEROCEPCIÓ ÉS MOTIVÁCIÓ

#### 28. Adiafor folyamatok és belső integráció. Az interocepció

Annak a hipotetikus törzsfejlődési folyamatnak, melyet az előző fejezetekben leírtunk, első állomása tehát: a mélyebb rétegekbe húzódó mechanoreceptorok az organizmus saját tevékenységéből származó hatásokra specializálódnak, miközben külső ingerek számára hozzáférhetetlenekké válnak (izom- és ínorsók stb.). Kialakul a saját tevékenységről nyert információk rendszere – a propriocepció sajátképpen formája, a kinesztézis. Most kiemeljük a következőt: *a kinesztézis olyan saját tevékenységről nyújt információt, mely elsődlegesen a külvilágra irányul, s így kapcsolatban marad a külvilággal; szükségszerűen együtt kell működnie az exteroceptorokkal e tevékenységek (lokomóció és manipuláció) irányításában – olyannyira, hogy adott esetben, mint kifejtettük, teljesértékűen visszaválthat az exterocepcióra.*

De a feltételezett filogenetikai alakulás – az adiafor hatások felvételére kiképeződött speciális struktúrák, a receptorok, „behúzó-dása” az organizmus belsejébe – ennél tovább megy. *Receptorok jelennek meg olyan helyeken is, ahol csak a szervezet szigorú értelemben vett belső történéseiből származó hatások érhetik – vagyis olyan fiziológiai történéseiből, melyek nagyjából autochton lefolyásúak, s nem a külvilágra irányulnak (pl. vérkeringés, veseműködés és hasonló). A „behúzó-dás” nagyarányú: a bőrreceptorokkal hisztológiailag rokon szerkezetű receptorok szinte ellepik a belső szervi rendszerek minden zeg-zugát; a törzsfejlődés egy viszonylag korai szintjétől kezdve (valószínűleg már a magasan organizált gerincteleneknél is) egyre nagyobb számban megjelennek a gastrointestinalis rendszerben, a cardio-vascularis és limfatikus rendszerekben, az urogenitális és respiratorikus szervekben, az endokrin mirigyekben és még több más részlegben. SHERRINGTON nyomán vezették be számukra az *interoceptor* elnevezést.*

Már a proprioceptív funkcionál kiderült, hogy a receptorok és a hozzájuk tartozó idegrendszeri struktúrák a belső integráció

szolgálatába állhatnak. Lehetővé teszik az izomrendszer különböző részeinek egymással való működésbeli összehangolását. Nagyjából a következő elv szerint: a rendszer egyes részei működésük során — e működés bizonyos variációinak megfelelően — melléktermékként mechanikus hatásokat, ingereket szolgáltatnak, melyeket a receptorok felvesznek, és idegimpulzusokat indítanak útnak, melyek a rendszer más részeihez eljutva jelzéseket adnak valamilyen a szabályozás értelmében koordinált működésre vagy működésmódosításra. Az interoceptorok és a hozzájuk tartozó idegrendszeri struktúrák ugyancsak e szerint az elv szerint működnek, de még teljesebben beágyazódnak a belső integrációs rendszerbe. Legfőbb jellegzetességüket elvesztik: *nem a külvilágból jövő hatásokat vesznek fel, és nem a külvilágra irányuló működéseket irányítanak.* A receptorfunkció továbbra is: hatások felvétele, de ezek a belső környezetből származnak, életműködések melléktermékei — úgy, hogy mint már kifejtettük, adiafor jellegük tárgyatlanná válik. A belső életfolyamatok nem szolgáltathatnak — melléktermékként sem — „káros” hatásokat (patologikus esetektől vagy különleges állapotoktól, pl. öregedés) eltekintve; ez ellentétben volna az élő organizmus elsődleges szerkezeti követelményével.

Ezzel az idegrendszeri struktúrák, melyek feltételezésünk szerint eredetileg tipikusan az adiafor determináció, a külvilághoz való alkalmazkodás egy speciális formája számára képeződtek ki, beépülnek az organizmus minden szervi rendszerébe — hogy azok belső integrációját elősegítsék. De a belső integráció feladatát minden valószínűség szerint nem elsődlegesen idegrendszeri struktúrák látják el. A részműködések összehangolása — az élet fenntartása érdekében — nyilván annál bonyolultabb, minél fejlettebb, nagyobb méretű és minél több részegységből álló az organizmus. Egy bizonyos fejlődési fokon elkerülhetetlenül előáll valamilyen *kommunikációs rendszer* szükségessége, mely az organizmus távol eső részeit összekapcsolja. A legősibb forma — mely már a növényvilágban kialakul — a „hírvivő anyagok” rendszere, melyek a testnedvek áramlási útjain jutnak el a különböző szervekhez, amikor is maguk a testnedvek (elsősorban a vér) a hírvivő anyagok szállítói, vehiculusai. Legáltalánosabb formája az állatvilágban a *hormonális rendszer*. Valójában ehhez társul a törzsféjlődés bizonyos szakaszában az interoceptorok és a zsigeri idegek rendszere, mely a

belső koordináció nagyfokú tökéletesedését jelenti mind az összehangolás gyorsaságában, mind az összehangolandó működésvariációk finomabb differenciálódásában. Nehéz volna megállapítani (s nem is ennek a munkának a feladata), hogy a filogenezis mely szintjén jelenik meg először az egyesített neuroendokrin szabályozás. Zsigeri idegrendszer nyomai már a magasan organizált gerincteleneknél is találhatóak, bár jól felismerhető interoceptorokat csak a porcos halaknál (tehát gerinceseknél) különítették el. Az új funkció a madaraknál és az emlősöknél indul gyors fejlődésnek.

A receptorok és a hozzájuk tartozó idegrendszeri struktúrák integráló, összehangoló funkciójáról korábban nem volt szó; a téma csak a proprio- és interoceptorok tárgyalásánál merült fel. Az idegrendszer „integratív” funkcióját különösen SHERRINGTON hangsúlyozta (már klasszikus műve címében). Érdekes azonban, hogy könyve 1947-es kiadásának előszavában (több mint 40 évvel később) elméleti alapkoncepcióját némileg revidálja. Azt mondja: „Az idegműködésnek integratív funkcióként való leírása, bár igaz, aligha elegendő egy definíció számára. Ha elfogadjuk azt, hogy az állat természeténél fogva olyan egész, melynek előfeltételei maguk a részek, akkor az állat minden egyes része integratív.” Majd: „Egy megfelelőbb definíció kereséséhez meg kell kérdeznünk, miben áll az idegrendszer hozzájárulása az állat integrációjához. Útmutatásul szolgálhat a válaszhoz az, hogy a szó szigorú értelmében vett ideg a növényvilágnak nem eleme. És nem található az egysejtű állatnál sem; ugyanakkor gyakorlatilag minden többsejtű állatnál jelen van. Az utóbbiaknál ugyancsak univerzális a mechanikus munka szerve, az izom – a mozgás, a magatartás, az állati motoros viselkedés végrehajtója. Ez két csoportra oszlik. Az egyik digestív és excretív – röviden viscerális jellegű; a másik magába foglalja mindazt, ami nem viscerális. Az utóbbi viselkedés külvilági vonatkozásának nevezhető. Ebben éri el a viselkedés a legnagyobb gyorsaságot és pontosságot, az ideg pedig a legnagyobb és legmagasabb rendű fejlődést.” (SHERRINGTON, CH., 1947, XIII. o.) Mi ehhez két dolgot fűzünk hozzá. Az egyik: a fejlődéstörténeti aspektus. A „külvilági vonatkozású” motoros tevékenység „integrációja” az idegrendszer *elsődleges* funkciója, eredetileg erre képeződött

ki; a viscerális funkció másodlagosan jelenik meg (olyan fejlődési „indulás” továbbfolytatódásaként, mely eredetileg szintén a külső vonatkozású motoros tevékenység vezérlése érdekében történt: a receptorok „behúzódása” a mélyebb rétegekbe). A másik dolog, amit hozzáfűzünk: annak a funkciónak a megjelölésére, melyet a receptor és a hozzátartozó idegrendszeri struktúra a „külvilági vonatkozású” motoros viselkedés vezérlésében végez, nem tartjuk alkalmasnak az „integratív” kifejezést. „Integráció” annyi, mint részeket (tárgyi vagy funkcióbeli részeket) azok egybehangolásával egységes egészé tenni. A viselkedés vezérlése a külvilág releváns mozzanatainak megfelelően — nem minősíthető „integrációnak” —, legalábbis nem olyan értelemben, hogy az organizmust környezetével valamilyen „egésszé” zárja össze (jóllehet ilyen „egészre” gyakran utalnak biológiai művekben — véleményünk szerint nem jogosan és anélkül, hogy ezzel a fogalmazással közelebb jutnának az organizmus és környezete közötti viszony mélyebb megértéséhez). Ezzel szemben az idegrendszer másik, SHERRINGTON által megjelölt funkciója — a belső szervek működésének összehangolásában — teljes értékűen integratív. Mindenesetre bizonyos integrációs feladat hárul az idegrendszerre a „külvilági vonatkozású” viselkedésegységek felépítésében és idői szerveződésében. SHERRINGTONnak elsősorban ez lebegett szeme előtt. Az integráció utóbbi formájára ebben a munkában nem térünk ki.

Már PAVLOV is elég élesen szembeállította egymással a két-fajta idegrendszeri működést. Többek között azt mondja: „A nagyagy és a subcortex . . . működését, mely biztosítja az egész szervezet és a külvilág közötti normális bonyolult kölcsönviszonyt, . . . joggal tekinthetjük és nevezhetjük magasabb idegműködésnek, az állat külső viselkedésének, szembeállítva vele az agy és a gerincvelő legtávolabbi részeinek működését, amelyek főleg a szervezet részeinek egymás közötti kölcsönviszonyát és integrációját irányítják. Ezt alsóbbrendű idegműködésnek nevezhetjük.” (PAVLOV, I. P., magyar kiad. 1953. 18. o.) Ebben a bizonyos fokig értékelő megkülönböztetésben utalás van arra, hogy a „magasabb idegműködés”, a viselkedés alapja a fejlődés szempontjából jelentősebb — szerintünk azért, mert kiindulópontja a külvilágból jövő adiafor hatások felvétele és a külvilággal való

információs viszony megteremtése, végső soron a viselkedés adiafor determinációjának érdekében. Ez az állati továbbfejlődésnek a fő – az embertől kezdve pedig a kizárólagos – irányvonala.

Az ősi funkciótól való elszakadást szinte jelképezi az „autonóm idegrendszer” elnevezés, melyet a belső integrációt ellátó zsigeri idegrendszernek korábban adtak – természetesen nem egészen jogosultan. Az elnevezést a kétfajta működést végző idegrendszeri struktúrák bizonyos fokú funkcionális elkülönülése sugalmazta. Később látni fogjuk, hogy ez az elkülönülés sem nem teljes, sem nem végleges. Erre mutatnak már azok a kísérletek, melyekben interoceptív ingerekre feltételes reflexet dolgoztak ki, vagyis az ingerületet át tudták kapcsolni motoros reakcióhoz (BYKOV, K. M., 1947, különösen pregnánsan ÁDÁM GY., 1967). Igen plauzibilisen magyarázza meg ÁDÁM azt, hogy az ontogenezis során (pl. újszülött kutyáknál, közvetlenül a születés után) az interoceptív feltételes reflexek dominálnak az exteroceptívekkel szemben – ami ÁDÁM szerint is ellentmond a filogenetikus fejlődési sorrendnek (ÁDÁM GY., 1967. 8. o.).

A belső integrációba bevont receptorok messzemenően differenciálódnak. Nemcsak mechanikus hatásokat vesznek fel a belső környezetből, hanem érzékennyé válnak kémiai, ozmotikus és egyéb hatásokra; a mechanoreceptorokon kívül kialakulnak a zsigeri baroreceptorok, kemoreceptorok, termoreceptorok és ozmoreceptorok, sőt újabban „volumen receptorokról” is beszélnek, bár ezek valószínűleg azonosak a véredények mechanoreceptorai-val. Mégis lényegében valamennyi megőrzi a bőrreceptorokkal való morfológiai rokonságot; ugyanúgy, mint azok, három fő formában jelennek meg: tok nélküli csupasz idegvégződéses diffúz arborizációval (főként a nagy véredények falában és az endocardiumban), vagy mint glomeruláris végződéses ugyancsak tok nélküli (a cardio-vasculáris és gastrointestinális rendszerben) és különböző védőburkos formák (pl. a VATER-PACINI-féle testecskek a bél-fodorban). De nemcsak a morfológiai, hanem a fiziológiai rokonság is szoros; az ingerhatás idegimpulzusba való áttételének általános skémáját, az alapvető receptor-funkciót először a macska mesenteriumában található VATER-PACINI-féle testecskek vizsgálatából



állapították meg (GRAY, J. A. B. és SATO, M., 1953; és ALVAREZ BUYILLA, R. és DE ARELLANO, J. R., 1953).

Az interoceptorok által közvetített belső integráció teljesen reflex jellegű: meghatározott „hírekhez”, melyeket az interoceptorok valamelyik szervi részlegben felvesznek és egy másik részlegbe továbbítanak, szigorúan meghatározott működések vagy működésmódosítások rendelődnek hozzá az illető részlegben. E működések során nem áll elő „érzékelés”; a felvett hatásoknak nem felel meg olyan idegrendszeri reprezentatív folyamat, melynek létezése — úgy mint az igazi érzékelésnél — független attól, hogy pillanatnyilag kivált-e valamilyen működést vagy nem. Már SHERRINGTON hangsúlyozta, hogy az interoceptorok nem közvetítenek érzékelést, vagy — ahogy mások fogalmazták — tudatos érzékelést. Ez összefügg természetesen azzal, amit korábban leszögeztünk: általában nem hívnak elő a külvilágra irányuló működésformát, cselekvést. De a lehetőség elvben nem kizárt — amit már az interoceptív ingerekre kidolgozott feltételes reflexek bizonyítanak. Nagy általánosságban mind a proprio-, mind az interoceptorok vizsgálatából megállapítható a következő: a receptorok, bárhol is vannak — akár az organizmus felületén, akár a belsejében — a hozzájuk tartozó idegi struktúrákkal együtt olyan összefüggésben maradnak az idegrendszer egészével, hogy az *általuk felidézett impulzusoknak mindig van lehetséges szabad útjuk azokhoz a hatószervekhez (általában izomrendszerekhez), amelyek a külvilágra irányuló működésnek, a viselkedésnek végrehajtói.* Ennyit minden receptor-működés megőriz az ősi adiafor determinációs skémából, melyre eredetileg kiképeződött.

Itt még röviden kitérünk arra a nagyon figyelemre méltó szemléletre, mely az életfolyamatok leglényegesebb és legjellemzőbb mozzanatának a visszacsatolással biztosított „biológiai szabályozást” tekinti, melyet teljesen azonosnak tart a modern technikai berendezkedésekben használt szabályozással. A szabályozás feladata, ahogyan ezt WAGNER, R. (1954) kiváló munkájában kifejti, az, hogy valamilyen biológiai rendszernek (vagy e rendszer egy részlegének) állapotát lehetőleg állandó értéken tartsa („konstante Zustandsgrösse”). A „lehetőleg” azt jelenti, hogy a kis ingadozások, melyek az illető rendszer (vagy részleg) állapotában szükségszerűen fellépnek, automatikusan kiigazítást nyerjenek, korrigáló-

janak. Ehhez természetszerűen mindig egy másik részleg (vagy részlegek) megfelelően koordinált működése szükséges, vagyis olyanfajta együttműködés, melyet fent integrációnak nevezünk. Nem megyünk bele abba a nehéz kérdésbe, hogy minden integrációs működés lényegében szabályozás-e, mindenesetre minden állapotingadozásnál automatikusan valamilyen jelzésnek kell átmennie a korrekcióban közreműködő többi részlegbe, hogy a korrekciós műveleteket előhívja. A jelzéseket, ahogyan maga WAGNER részletesen leírja, az interoceptorok és a hozzájuk tartozó idegrendszeri struktúrák látják el. Egyébként a WAGNER által leírt szabályozás nem más, mint a hibajelzéssel ellenőrzött szabályozás, melyet ASHBY egzakt leírásából ismerünk; tehát nem esik ugyanabba a kategóriába, mint az adiafor hatások felvételén alapuló szabályozás – melynél „zavarási érték” („Störwert”) vagy „hiba” („error”) egyáltalában nem szerepel.

Viszont van WAGNERnek egy rendkívül érdekes megállapítása, mely szerintünk a tényállás legnevezetesebb pontjára tapint rá. Szó szerint ezt mondja: „... mindezek a berendezkedések olyanok (úgy vannak megalkotva, „sind so beschaffen”), hogy az energiaáramból, mely rajtuk áthalad, egy kicsiny, legtöbbször nagyon kicsiny rész leágazik, és magának az energiaáramnak a szabályozására használódik fel.” (WAGNER, R., 1954, 15. o. Kiemelés az eredetiben.) Egy más helyen a gondolatot még jobban kifejti: „Az, hogy az energiaáramnak egy rendkívül kicsiny része („ein äusserst kleiner Teil”) a jeladás céljára leágazik, hogy az energiaáram nagyságát ezáltal biztosítsa, jellemzi ezeket a biológiai és technikai szabályozó mechanizmusokat.” (Ibid. 209. o. Kiemelés tőlünk.) Mi figyelmünket arra a mindkét idézetben hangsúlyozott mozzanatra irányítjuk, hogy a rendszeren áthaladó energiaáramnak egy igen kicsiny része használódik fel a jeladásra („Signalgebung”), mely a szabályozó korrekciót előhívja. Miért? Véletlenül van így, vagy van valamilyen jelentősége – akár a jeladás pontossága, akár valamilyen gazdaságosság szempontjából? Mindenekelőtt arra gondolunk, hogy WAGNER benyomása a jeladásra felhasznált energiamennyiség „rendkívüli kicsinységéről” nem származhatott pl. a hormonális szabályozási rendszerek vizsgálatából (melyekre egyébként WAGNER nagy súllyal utal). A kis energiefelhasználás a hírvívő anyagokállításánál legalábbis nem

szembeötlő. A benyomás forrása minden bizonnyal az, hogy az interoceptorok (pl. az izomrendszerben levő orsók és a GOLGI-féle apparátusok) számára nagyon kis energiájú hatás elegendő, hogy idegimpulzust indítsanak útnak, vagyis az energiaáramból valóban nagyon kicsiny résznek kell erre a célra „leágaznia”. Itt szinte kényszerűen feltolakszik a gondolat: a receptorok már eleve „úgy vannak megalkotva”, hogy nagyon kis hatásokra — az adiafor hatásokra — reagáljanak, vagyis olyan környezeti hatásokra, melyek mindenekelőtt igen kicsiny intenzitásuknál fogva ártalmatlanok, és felhasználhatók a cselekvés adiafor determinációjában. *A test belsejébe behúzódó receptorok megőrzik ezt az ősi szerkezetet, a nagyon gyenge hatásokra való érzékenységet* — noha az új helyzetben a felvett hatás „ártalmatlansága”, adiafor jellege tárgyitalan, hiszen e hatás most már nem a mostoha, ellenséges környezetből jön. Természetesen az energiafelhasználás alacsony nagyságrendje az új integrációs funkcióban is jól jön — gazdaságosság, energiatakarékoskodás szempontjából; az organizmus nagyon kis energiamentenységet pazarol a jeladásra. Csak látni kell, hogy ami az új funkciónál „takarékoság”, az az ősi funkcióban egészen másfajta „előny” — valójában több mint előny: az ősi funkció egyik alapfeltétele.

## 29. Interocepció és belső veszélytörténes I.

A pusztza lehetőségűtől eltekintve — mely szerint az interoceptorok által megindított idegimpulzusoknak mindig van szabad útjuk a viselkedést végrehajtó szervekhez — az interoceptorok működése teljesen beleágyazódik a fizioiógiai történesbe; a szervekhez „innervációjuk” éppűgy szerkezetileg hozzátartozik, mint pl. a vér-edényekkel való ellátottságuk. Éppen ezért, mint láttuk, az interocepció messze eltávolodik az adiafor hatások útján való sajátos információszerezés feladatától, mely az érzékelésnek — és ezzel az egész lelki élet kiinduló pontjának — alapja. Mégis itt is tanúi lehetűnk egy rendkíűvű érdekes alakulásnak, mely a belső integráció ellátásán túl az interoceptorok működését — sajátosan álcázott formában — visszavezeti a cselekvés adiafor determinációjához — helyesebben: e determinációban való részvételhez. S ez a részvétel,

mint látni fogjuk, igen nagy jelentőségű a magasabb rendű organizmusok életében.

Röviden visszatérünk legelső példánkhoz, melynek elemzéséből az adiafor determináció gondolatához eljutottunk. Egy környezeti történés (egy gyorsan mozgó tárgy) közeledik az organizmus felé; ha eléri az organizmust, kárt tesz benne. „Szerencsére” az organizmus olyan környezetben él, amelyben e történés fizikailag szükség-szerű melléktermékeként egy másik történés (fényugáregyüttes, levegőrezgés, áramló gázok) „előreszalad”, előbb eléri az organizmust, ártalmatlan adiafor hatást gyakorol rá, és előhív egy organikus intézkedést, melynek eredményeként az illető „veszélyes” történés az organizmust el sem éri. Első pillanatban szinte természetes, hogy ilyen „veszélyes” történés csak a tőlünk független, mostoha külvilágban mehet végbe; az organizmuson belül minden folyamat — életfolyamat, nem lehet magát az életet veszélyeztető történés. A logikai evidencia azonban csalóka — különösen, ha nagyon bonyolult jelenségekorről van szó. Gondoljuk meg a következőt: minden történés — tehát az életfolyamat is — energiát fogyaszt, vagy anyagokat, melyeknek kémiai átalakulásából az energiát nyeri. Bizonyos elfogyasztott anyagok azonnal és folyamatosan pótlódnak a környezetből; az állat az oxigén óceánjában él, az elfogyasztott oxigént egyszerű művelettel, lélegzéssel, megszakítás nélkül pótolja. (A növényeknek valójában még „műveletre” sincs szükségük, az anyagok a permeábilis sejtmembránokon keresztül abszorpció és ozmózis útján jutnak be az organizmusba.) De a legtöbb szükséges anyag ilyen azonnali és állandó pótlása nem lehetséges. Ezek tehát fogynak, és ha a tartalék kimerül, a folyamatok leállnak — pontosan úgy, ahogyan a gépkocsi leáll, ha a benzintartály kiürül. A szervezet károsodhat vagy elpusztulhat, amennyiben az illető folyamatok újra megindulása nem lehetséges. Talán nem erőszakolt fogalomhasználat, ha *belső veszélytörténe*s-ről beszélünk; az élet üzemanyagainak szükségszerű fogyása — *belső veszélytörténe*s.

Az üzemanyagok fogyásával egy időben salakanyagok gyülem-lenek fel. Ez esetben is lehetséges azok azonnali és folytonos leadása a környezetbe, mint pl. ugyancsak a lélegzésnél (a kilégzésnél). Más salakanyagok leadása nem ilyen egyszerű feladat — azok elő-ször tárolódnak külön erre a célra szolgáló helyeken, amelyek idő-

szakonként ürülnek (defecatio, micturitio). A salakanyagok felgyülemzése a tároló helyeken szintén egyfajta veszélytörté-  
nés — akár abban az értelemben, hogy a tárolóhely (rectum, húgyhólyag)  
túlterhelődik, akár olyan értelemben, hogy a salakanyagok kény-  
szerűen a szervezet más helyére kerülnek, ahol ártalmasak (pl.  
urémia).

Lényegbevágó különbség a most leírt belső és a korábban tár-  
gyalt külső, a tőlünk független külvilágban meginduló veszélytör-  
ténés között, hogy az előbbieket, minthogy szükségszerűen állan-  
dóan, az életfolyamatok kísérőjeként, végbemennek, *nem akciden-  
tális jellegűek*. Emlékezhetünk arra, amit ezekről már a 2. és a 23.  
fejezetben mondtunk: organikus intézkedések, melyek ilyen  
veszélytörté-  
nésekkel szembeállnak, *megindulásukhoz nem igé-  
nyelnek okvetlenül jelzéseket, melyek magától a veszélytörté-  
néstől származnak*. Megjelenhetnek időszakonként — a szervezetbe való  
beprogramozódás eredményeként. Az időszakok igazodhatnak  
az üzemanyagok fogyásának vagy a salakanyagok felgyülemlése-  
nek átlagos tempójához. Valóban az etológiai kutatások azt mutat-  
ják, hogy az állatoknál a táplálékfelvétel a legkülönbözőbb peri-  
ódusmintákban történik — kezdve olyan állatoktól (bizonyos gerinc-  
telénektől), melyek úgyszólván folytonosan táplálkoznak, állatokig,  
melyek csak nagyobb intervallumokban, több óránként, naponként,  
sőt hetenként vesznek magukhoz táplálékot (pl. egyes parazita  
rovarok és húsevő gerincesek). A patkányok 2—4 órás periódusok-  
ban táplálkoznak (TEITELBAUM, P. és CAMPBELL, B. A., 1958);  
a periódusok egyéneknél változhatnak és szoktatással változtat-  
hatók (BINDRA, D., 1959). A táplálékfelvétel többféle viselkedés-  
formát foglal magába: keresés, legelés vagy üldözés, küzdelem és  
hasonlók. Az evéshez csatlakoznak az ivási periódusok. Kevésbé  
tanulmányozták az ürítési periódusokat. A periódusokat nyilván  
valamilyen belső törté-  
nés („fiziológiai óra”) határozza meg, mely  
bizonyos időpontokban meghatározott szakaszokhoz érkezik el,  
és automatikusan indítékot szolgáltat a megfelelő viselkedésfor-  
mákhoz. A berendezkedésnek elvben nincs köze az adiafor deter-  
minációs skémához.

Ez a berendezkedés azonban, bár lehetséges és ténylegesen alkal-  
mazást is nyer, sohasem lehet tökéletes — két okból. 1. Az élet-  
folyamatok tempója — különösen a magasabb rendű állatoknál —

messzemenően, sok esetben ugrásszerűen ingadozhat az átlagérték körül, hiszen állandóan a mostoha környezet akcidentális, elvben kiszámíthatatlanul felbukkanó, néha könnyebben, néha nehezebben legyűrhető veszélyeivel küzd. 2. A megfelelő intézkedés eredményessége — s ez elsősorban az üzemanyagok pótlására vonatkozik — ugyancsak alá van vetve a környezettel kiszámíthatatlan véletleneinek, vagy csak bizonyos valószínűséggel visszatérő alkalmainak. Mindez erősen megzavarhatja a belső veszélytörténéseknek és az azokat elhárító intézkedéseknek azt a párhuzamos történérendjét, melyre az organizmusnak a fennmaradáshoz szüksége van, és amelyet egyfajta „prestabilizált harmóniának” kellene tartanunk (leibnitzi értelemben).

De már korán a törzsfejlődésben — a „prestabilizált” koordináció, a periodikusan, sőt ritmikusan fellépő intézkedések mellett, azokat kiegészítve vagy azoknak fölérendelve — kialakul egy egészen más elvű koordináció belső veszélytörténések és elhárítás között. A lehetőséget erre az alakulásra a fejlődés szinte „felkínálja”: az életfolyamatokat lebonyolító szervi rendszerekben, mint láttuk, mindenütt megjelennek — eredetileg csak a belső integráció céljára — az interoceptorok. Nagyon is közelfekvő, hogy ezek a receptorok „bevonódjanak” a belső veszélytörténések és az elhárítás egy ésszerűbb, nem „prestabilizált” koordinációjába.

A fenti alakulás tényleges megvalósulásának felvázolásához újra visszapillantunk az adiafor determinációs skémára, ahogyan az a külső veszélytörténések elhárítását megalapozza. A sebesen mozgó tárgy közeledése az organizmus felé — veszélytörténések; de még mielőtt a „veszélyből” tényleges „ártalom” lenne, „leágazik” róla egy „nagyon kis energiát felhasználó” (hogy WAGNER formulájával éljünk) történések, melynek további hivatását és teljesítményét szükségtelen újra ismertetnünk. A gondolatmenet alkalmazható a belső veszélytörténésekre is. Két feltételnek kell hozzá adva lennie: 1. a belső veszélytörténésekről — még mielőtt a „veszélyből” tényleges károsodás lenne (pl. az üzemanyag-tartalék teljesen kimerülne) — leágazék valamilyen kis energiájú melléktörténések, mely a már szinte „készenlétben” ott levő interoceptorokat eléri és hat rájuk, és 2. az interoceptorok által útnak indított idegimpulzus eljusson az elhárításban részt vevő, a szükséges műveleteket végrehajtó szervekhez. A második feltétel realizálódásának lehetőségét az előző

fejezetben már elvben leszögeztük. Az elsővel azonban külön kell foglalkoznunk.

Megint utalunk az elsődleges veszélytörténés-modellre: a sebesen mozgó tárgy közeledik az organizmus felé. Most kiemeljük: ez a történés az  $\eta$ -változókat természetszerűen nem érinti (hiszen az organizmuson kívül zajlik le) – csak később alterálná azokat (mindenesetre fizikai szükségszerűséggel), ha az organizmus nem avatkoznék be. A belső veszélytörténés azonban nem organizmusidegen. Bárhogy is fogjuk fel pl. az üzemanyag-fogyást – akár mint a gyomor fokozatos kiürülését, akár mint a vércukorszint csökkenését, vagy másként – mindenképpen az  $\eta$ -változók valamilyen ingadozásáról van szó. Viszont biztos, hogy ez az ingadozás – legalábbis addig, amíg csak „veszélytörténés” a szó igazi értelmében és nem károsodás – szigorúan az illető  $\eta$ -változók *megengedett tartományán belül* zajlik le (vagyis az eltolódás irreleváns). A belső veszélytörténés kritériumát tehát így adhatjuk meg: *bizonyos  $\eta$ -változók* (a gyomor telítettsége, a vércukorszint, a szövetek víztartalma, a torok kiszáradása, a hólyag vagy a rektum kitágulása stb.) *eltolódása közeledik a megengedett tartomány határai felé, és e határok elérése, vagyis a károsodás* – hacsak az organizmus nem tesz valamit – *szükségszerűen bekövetkezik*; ugyanúgy, mint ahogy a külső veszélytörténés eléri az organizmust és kárt okoz benne – hacsak az organizmus előzőleg nem tesz valamit. Az 1. feltétel tehát pontosabban a következő: a történésről, melynek során bizonyos  $\eta$ -változók eltolódnak és közelednek a megengedett tartomány határai felé, leágazik egy (kis energiájú) mellékhatás, még mielőtt a történés e határokat elérné. A hatást a receptor felveszi. A berendezkedés analóg az adiafor determinációval, annak, mint már jeleztük, álcázott formája: a leágazó melléktörténés (az „inger”, mely a receptorokra hat) itt is kellő idővel megelőzi a biológiailag releváns eseményt, a károsodást, de a leágazó hatást ezúttal maga az organizmus (és nem a mostoha környezet) szolgáltatja, tehát nem kategorizálható teljes értelműen mint „adiafor”. Még egyszer összefoglalóan a berendezkedést így írhatjuk le: a belső veszélytörténésről, még mielőtt a tényleges károsodásra sor kerülne, „leágazik” egy jelző folyamat, mely hat az illetékes interoceptorokra, és a hozzátartozó idegrendszeri struktúráján keresztül előhívja a cselekvést, melynek eredményeként a károsodás

nem következik be (az állat eszik, iszik, vizel, defekál stb.). Az adiafor determináció eredeti modelljével való analógia szembe-  
szökő.

Hogy valóban ilyesmi történik, könnyen igazolható a salak-  
anyagok leadását ellátó műveletek kiváltásánál: a húgyhólyag  
telítődése következtében az annak falára nehezedő és bizonyos  
küszöberősséget elérő nyomás (ez a „leágazó” jelzés) hat az ott  
levő interoceptorokra, és ismert módon megindítja a vizelet-  
ürítő reflexet. Analóg módon: a masszív perisztaltikával a rek-  
tumba időnként átnyomott bélsártömeg a bélfal interoceptoraira  
nyomást gyakorol, és megindítja a székelési reflexet. E művele-  
tek lefolyását szükségtelen itt részletezni, csak hangsúlyozzuk  
azt, ami elméleti koncepciónk szempontjából lényeges: mind a  
hólyag bizonyos fokú telítődése, mind a bélsártömeg beprése-  
ződése a rektumba, melyek a megfelelő műveletek számára a  
jelzést szolgáltatják — az organizmusnak teljesen normális álla-  
potai, melyeknél az életfolyamatok legcsekélyebb zavara sem  
bír még elő; csupán egy veszélytörténés korai, még teljesen ártal-  
matlan stádiumai. A veszélytörténés: az előrehaladó telítődés  
a húgyhólyagban vagy a rektumban. Ezt nem érinti az, hogy  
bizonyos hatások az extenziós küszöböt befolyásolhatják, pl.  
androgén hormonnal kezelt kutyáknál a hólyagnak már kisebb  
fokú telítettsége is kiváltja az ürítést, mint a nem kezelt állatnál  
(MARTINS, T. és VALLE, J. R., 1948).

### 30. Interocepció és belső veszélytörténés II.

#### A szükségállapotok

Külön kell tárgyalnunk a másik típusú veszélytörténéssel — az  
üzemanyagok fogyasztásával — összefüggő problémákat. Itt a hely-  
zet jóval bonyolultabb. Az ürítési műveletek környezeti feltételei  
minimálisak (bár ilyenek vannak; pl. kutyák és macskák e műve-  
letekhez rendszerint különleges környezetet kívánnak, meg vagy  
legalábbis preferálnak, az emberről nem is beszélve; erre később  
visszatérünk); mégis e műveleteket az állat nagyjából bármikor  
és bárhol elvégezheti. Ezzel szemben az üzemanyagszerzésnek és



-felvételnek elengedhetetlen feltételei vannak, melyek nagymértékben függenek a környezet kedvező vagy kedvezőtlen viszonyaitól, elsősorban attól, hogy található-e a környezetben — akkor és ott — táplálék és víz, milyen táplálék és milyen mennyiségben. Túl nagy az esélye annak, hogy a pótlás késik, és a veszélytörténés előrehalad, az illetékes  $\eta$ -változók messzemenően megközelíthetik a megengedett tartomány határait. Sőt könnyen bekövetkezhetik, hogy nagyobb késés („depriváció”) esetén e határokat el is éri, és károsodás áll be. Ez az alakulás hozzátartozik az állati élet természetességeihez. Hasonló alakulás az ürítéssel kapcsolatos veszélytörténeknél természetes körülmények között — legalábbis az állatoknál — nincs. Megint nehéz volna pontosan és konkrétan megadni a határt, amelynél a károsodás bekövetkezik (vagyis: a megengedett tartomány határait), de erre nincs is szükségünk. Mindenesetre a veszélytörténés előrehaladásának és ingadozásának ez az általános lehetősége (az elhárítás „változó szerencsével” folyó jellege miatt) magával hoz egy hosszabb vagy rövidebb ideig tartó jellegzetes testi állapotot, amely „szükségállapot” („bodily need”) néven ismert a fiziológiában, elsősorban a fiziológiai pszichológiában.

10 Első elvárásunk itt is az, hogy a belső veszélytörténésről — és pedig annak korai szakaszában — leágazik egy jelző folyamat, mely valamilyen mechanizmus útján előhívja az elhárító cselekvést. Mennyiben igazolja ezt az idevágó kutatás? Vegyük szemügyre a szomjúságot! CANNON volt az, aki a reá jellemző tudományos pontossággal először kísérelte meg leírni, mi történik az ivó művelet kiváltásánál (CANNON, W. B., 1929, 1934). A veszélytörténés: a vízmennyiség fogyása a szövetekben. Bizonyos stádiumban — a vér víztartalmának állandó értéken tartása érdekében — víz vonódik el a szervek szöveteiből, többek között a nyálmirigyekből; ez utóbbinak következtében csökken a nyáltermelés, és a torok, a nyelv és a száj száradni kezdenek. CANNON szerint a test vízszükségleti állapotának rendkívül érzékeny indexe ez a kiszáradás, mely ingerli a helyi receptorokat, és megindítja az ivás műveletét (ha a környezeti feltételek adva vannak). Mint látjuk, ez az első „lokális” magyarázat (valójában nem első, már DESCARTES-nak hasonló elképzelése volt) az adiafor determináció vonalába esik. Mégis a fenti magyarázatot ma már a legtöbb kutató nem tartja elégségesnek — bár tulajdonképpen nem veti el. Egyetértünk

MILNERrel, aki a következőt mondja: „A vízállomány kiegyenlítő-dése („water balance”) túlságosan életfontosságú ahhoz, hogy egy olyan könnyen megzavarható jelzéstől függjön, mint a száj kiszáradása, bár meglepő volna, ha ez a kiszáradás nem szerepelne a determináló tényezők között.” (MILNER, P. M., 1970, 308. o.)

Az éppen vázolt elgondolás megítélésénél három mozzanatot kell tekintetbe venni. 1. Az a tény, hogy állatok, amelyeknek nyálmirigyeit eltávolították, vagy működésükben erősen alterálták, mégis ivó műveleteket végeznek és normális mennyiségű vizet fogyasztanak, nem bizonyítja az elgondolás helytelenségét; ez logikailag éppen annyira indokolatlan, mintha feltételeznők, hogy a patkány lokomóciós tanulásában a látásnak nincs szerepe, mert vakon is megtanulja vagy végigfutja az útvesztőt. Mindkét teljesítménynél esetleg többszörös jelzéssel kell számolnunk. 2. Világosan kell látni, hogy a veszélytörténes — a szövetek víztartalmának csökkenése — előrehalad, és természetes lehetőségek adódnak további jelző folyamatok „leágazására”. Vagyis egyre újabb jelzések megjelenésével lehet számolnunk. 3. Az elhárító műveletet (az ivást) megindító jelzés megállapítása szempontjából nincs döntő szerepe annak, hogy maga a kiváltott művelet meddig tart, mikor zárul le (pl. még nem zárul le, noha a száj kiszáradását a felvett víz már megszüntette). Ez éppen úgy nem lényeges, mint pl. az, hogy az állat, amikor megpillantja a feléje közeledő tárgyat, egy méterrel lép-e arrébb, vagy messzire elfut, ahonnan a tárgyat már nem is látja. A kiváltott cselekvésnek ezt a jellegét már nem (vagy nem csak) a kiváltó jelzés határozza meg. Látni fogjuk, hogy a fentiek figyelmen kívül hagyása némi zűrzavart okozott az idevágó elméleti elgondolásokban és azok értékelésében.

Hamarosan fény derült egy másik, kevésbé könnyen megzavarható jelzésre. VERNEY talán az első, aki a veszélytörténesről leágazó jelző folyamatot a testfelületről (a nyálkahártyákról) a test belsejébe, sőt a központi idegrendszer egyik különleges szubkortikális részlegébe, a hipotalamuszba, viszi át — meghatározva ezzel azt a régiót, amelyről ma már végleg bebizonyosodott, hogy az ivó művelet (sőt több más — talán valamennyi — regulációhoz szükséges viselkedés) fő indító helye (VERNEY, E. B., 1947). Érdekes és elméletünk szempontjából tanulságos az a gondolkodási minta, mely ennél az első megközelítésnél érvényesül. VERNEY szerint

a hipotalamuszban (legalábbis a kutyaéban) viszonylag nagy sejtek vagy cysták találhatóak, amelyek a folyadékban elszegényedő extracelluláris közeg ozmotikus hatására megdagadnak vagy összezugszorodnak, és ezzel (lényegében mechanikus) hatást gyakorolnak a szomszédos ganglionsejtek dendritjeire. Ezeket az „ozmoreceptorokat” tehát VERNEY teljesen a többi receptor átalakító és felerősítő szerkezetének mintájára képzelel el: az ozmotikus nyomás átalakul és felerősödik mechanikus hatássá, és a „mikrodilatáció” („microstretch”) képezi a közvetlen jelző ingert. A veszélytörténés tehát az extracelluláris folyadék besűrűsödése folytán szolgáltatná a leágazó és jelzésre felhasználódó melléktörténést. Mindenesetre ma már a fiziológusok úgy vélik, erre a konstrukcióra sincs szükség: „maguk a neuronok szenvednek el változásokat az extracelluláris folyadék koncentrációjának következtében, és ezek a változások közvetlen hatást gyakorolhatnak a neuron tüzelési frekvenciájára.” (MILNER, P., Ibid. 309. o.) Ebben a megállapításban egy elméletünk szempontjából igen figyelemre méltó mozzanat húzódik meg: itt ugyanis már teljes egészében kiderül, hogy a belső környezetből, vagyis magából az organizmusból jövő „hatások” (pl. az, amelyet a besűrűsödő extracelluláris folyadék gyakorol a sejtekre) nem hasonlíthatók a külvilágból jövő hatásokhoz, a tulajdonképeni „ingerekhez”. Az utóbbiak közül csak a lehetőleg kis intenzitású, ártalmatlan — vagyis az adiafor — változat felel meg a célnak; a belülről jövő hatás nagyobb intenzitásban sem káros (patologikus bonyodalmaktól eltekintve), nincs szükség „átalakítóra” vagy „felerősítőre” — ahhoz, hogy a szomszédos ganglionsejt a hatásra a standard reakcióval válaszoljon („tüzeljen”). A tényállást jellegzetesen írja le ÁDÁM: „A központi idegrendszer speciális struktúrái, melyek információt adnak a vér kémiai összetételében fellépő változásokról, mint bizonyos hipotalamusz magvak és a nyúltagy speciális sejtstruktúrái, szintén az interoceptorok osztályába sorolhatók, bár nem receptor-sejtekből tevődnek össze.” (ÁDÁM GY., 1967, 6. o.) — A fogalmazásban megbúvik az ellentmondás: interoceptorok — bár nem receptorok. A lényeg: *a belső „hatások” felvételére az út lerövidíthető, nincs szükség közvetítő, adekvát „érzéksejtre” és receptorra, a jelzés mint idegrendszeri történés (idegimpulzus) mindjárt a ganglionsejtben indul el (ez minden extero- és propriocepciónál csak második állomás).*

Szükségtelen az idevágó, részletekbe menő és rendkívül izgalmas pszichofiziológiai kutatást tovább követnünk. Nagyjából teljesen analóg alakulást láthatunk más veszélytörténekekkel kapcsolatban, melyek ugyancsak üzemanyagok fogyasztásával függenek össze — így elsősorban az éhségnél. Itt is először a gastro-intestinalis rendszerből — főként a gyomorból — származó jelzésekre gondoltak, majd fokozatosan felismerték a központi struktúrák — ugyancsak a hipotalamusz és néhány szomszédos régió — alapvető szerepét.

Úgy tűnhetik, csupán felesleges átnevezés az, hogy szükségállapot helyett belső veszélytörténetet mondunk. Megkísérreljük bizonyítani, hogy itt többről van szó. Az, hogy a szükségállapot „veszélytörténet” jellegét nem állították előtérbe, itt-ott az elméletképzést helytelen vágányra terelte. Pl. HULL — a nála megszokott maximális fogalmi pontossággal — a következőt mondja: „Az organizmusok nagyjából a feltételeknek egy nagyon pontosan meghatározott együttesét kívánják meg ahhoz, hogy az egyén és a faj fennmaradásának optimális lehetősége biztosítva legyen. Ha e feltételek számottevően („appreciably”) eltérnek az optimumtól, azt mondjuk, egy szükségállapot állott be, és többé-kevésbé tartós ingerhatások („stimulation”,  $S_D$ ) lépnek fel.” (HULL, C. L., 1951, 15. o.) Ehhez gondoljuk meg: az igazi veszélytörténet lényeges mozzanata az, hogy közben az organizmust még semmilyen károsodás nem éri, az  $\eta$ -változók az optimális tartományon belül maradnak — csak károsodás érné (a jövőben), ha megfelelően (elhárítón, megelőzően) nem cselekednék. Az ivás műveletének nem az a funkciója, hogy egy már bekövetkezett károsodást vagy akár csak kedvezőtlen helyzetet restituáljon; ivás közben, sőt egy darabig utána is, a veszélytörténet — bizonyos  $\eta$ -változóknak (pl. az extracelluláris folyadék víztartalmának) közeledése az optimális tartomány határai felé — még tovább tarthat; az ivás csak azt biztosítja, hogy *e határokat a folyamat nem fogja elérni*, az organizmus olyan helyzetbe jut, hogy még időben minden részébe kellő mennyiségű víz juthat el. Valójában ez tűnik ki DEUTSCH, J. A. és DEUTSCH, D. igen világos fejtegetéseiből (1966, 18 – 19. o.). Tehát pl. azzal, hogy a gyomor megtelik vízzel, az extracelluláris folyadék koncentrációja a hipotalamuszban még egy ideig nem változik (sőt esetleg tovább fokozódik), de a víz további fogyasztása már nem „veszélytörténet”, mert az utánpótlás biztosítva van.

HULL elgondolásának fő pontja: „a feltételeknek egy nagyon pontosan meghatározott együttese . . . számottevően eltér az optimumtól”; de ez a leírás nem foglalja magába azt, hogy az eltérés még az optimális tartományban marad, csak hogy egy abszolút optimumtól (melyre korábban utaltunk, s amelyet az organizmus gyakorlatilag sohasem ér el) különbözik. HULL tehát a továbbiakban úgy gondolja: az ivás funkciója ennek az eltérésnek a helyreállítása, vagy ahogy ő mondja, a „szükségállapot redukciója” („need reduction”). HULL — anélkül, hogy erre ráeszmélne — az ivást és a többi szükségletkielégítő viselkedést egyfajta utólagos „regeneratív” műveletnek tekinti és nem megelőző jellegűnek. Pedig az ivás, evés, székelés, vizezés stb. éppen úgy szigorú értelemben „megelőző” cselekvésformák, mint a kitérés a felénk közeledő tárgy elől.

Ez a valódi oka annak, hogy HULL elmélete nehézségekbe ütközött. A nehézségeken legsikeresebben DEUTSCH, J. A. lett úrrá elméleti elgondolásaiban, melyeket kiváló könyvében (1964) és más munkáiban kifejt. Modellje a szükségletkielégítő cselekvés strukturális alapjairól teljesen megfelel az általunk felállított követelményeknek — bár azt, amit mi a HULLi elgondolásban mint tulajdonképpeni buktatót felismerni véltünk (regeneratív kontra megelőző jelleg) DEUTSCH nem hámozza ki a bonyolult tényállásból. Az általa felsorolt tények egyértelműen arra mutatnak, hogy a cselekvés által okozott környezeti folyamat [pl. a táplálék bejutása az organizmusba — valamilyen úton, esetleg közvetlen injekcióval, a gyomorba — lásd KOHN M. kísérleteit (1951)] valamilyen receptorrendszert („analyser”) működésbe hoz, s ez gátlás alá helyezi a centrális „kapcsoló egységet” („link”), ahogyan DEUTSCH nevezi (ivás esetén elsősorban a hipotalamusz bizonyos elülső részeit, melyek az ivó műveletet kiváltják és fenntartják). Nem hisszük azonban, hogy — mint DEUTSCH gondolja — minden cselekvés kiváltásának, lefolytatásának és lezárásának ez volna — akár csak szkematikusan — a strukturális alapja — pl. nem alkalmazható arra, ami kiinduló példánkban történik, a külső veszélytörténés elől való kitérésre.

Már korábban is többször regisztrálnunk kellett, hogy az enni-ivólóról vagy a vízről (az üzemanyagokról) jövő adiafor hatások nagyjából csak akkor váltanak ki megfelelő (odamenő és bekebelező) viselkedést, ha ugyanakkor bizonyos belső feltételek (éhség,

szomjúság) fennállnak. Amit most felismerünk, az az, hogy *ezek a belső feltételek is* (bizonyos stádium bekövetkezése az üzemanyagok fogyásában) *az adiafor determináció mintájára folynak be az elhárító cselekvés előhívásába*: ugyancsak „ingereket” szolgáltatnak receptorok — vagy egyszerűen csak ganglionsejtek — számára, melyek erre idegimpulzusokat küldenek a motorium felé. Ilyen módon *egységesítődik az az apparátus, amely a cselekvést determinálja*; ez az apparátus — az idegrendszer. Minden külső és belső feltételt idegrendszeri folyamatok reprezentálnak — ingerek, receptorok és idegimpulzusok közvetítésével — és ezek vektoriális együttese határozza meg a cselekvést. Nem lebecsülendő technikai egyszerűsítést jelent ez. Kissé laza fogalmazásban így mondhatjuk: az idegrendszeri központ „figyel” minden külső és belső feltételt, s a befutó adatok integrációja alapján a legmegfelelőbb cselekvést indítja be a veszélytörténés elhárítására (megállítására vagy elkerülésére).

Fejtegetéseinkből nyilvánvaló, hogy ez az egységesítődés nem szükségszerű, és kétségtelen, hogy csak bizonyos törzsfajlódási szinten felül valósul meg. Pedig belső feltételek által „motivált” viselkedésformákat már nagyon primitív többsejtűeknél regisztrálhatunk. Vegyük pl. a Laposférgek (Platyhelminthes) törzsébe tartozó hidrafaló örvényféregnek (*Microstomum lineare*) azt a jellegzetes viselkedésformáját, melyre már neve utal. Ez a féreg támadófegyvereit, a nematocystákat, nem maga termeli, átveszi a felfalt hidraállatoktól, melyek a Csalánozók (Cnidaria) törzsébe tartoznak. Ha e rablott fegyverei elfogynak, nagy mennyiségben falja fel a fegyvergyártókat. Amikor elérte azt, hogy testfelületén bizonyos sűrűségben és csodálatos egyenletességgel elosztva nematocysták helyezkednek el, megszűnik érdeklődni a hidrák iránt. Inkább éhen hal, semmint enne belőlük: ami nyilván azt jelenti, hogy a hidra nem tápláléka, hanem csak fegyverszállítója. A hidraevés műveletét tehát a hidrától származó adiafor hatások (fényugarak vagy kémiai hatások, minthogy az örvényféregnek kezdetleges szemük és csillós ízlelőjük van) együtt a belső „szükségállapottal” (a nematocysta-hiánnyal) determinálják. Szinte lehetetlen feltételezni, hogy ez a belső szükséglet” speciális ingereket szolgáltatna valamilyen „intero-

ceptor” vagy ganglionsejtek számára, és ezek idegimpulzusokat indítanak el, melyek az exteroceptoroktól származó ingerületekkel vektorialis együttesben felidéznek a hidrafalást. A körülbelül fél milliméter nagyságú állatka idegrendszere, mely egy elöl levő kétkaréjú ganglionból és három pár idegtörzsből, valamint az azokat összekötő haránt idegekből áll, aligha enged meg ilyen feltételezést. Itt a szükségállapotnak nincs idegrendszeri reprezentációja — valamiképp nyilván összeműködik az exteroceptív ingerektől származó idegimpulzusokkal, de nem valamilyen központ segítségével. Ilyen jellegű szükségállapotok valószínűleg magasabb rendű állatoknál is hatékonyak, pl. az ún. specifikus éhségek esetében (cukor, só, kazein stb. iránt).

Az egységesítődés természetesen csak akkor „ökonomikus” vagy technikailag előnyös, ha az organizmus a veszélytörténést cselekvéssel hátrítja el, melynek már eleve idegrendszeri determinánsai vannak. De adott esetben „belső” fiziológiai intézkedések is történhetnek a veszélytörténés elhárítására, vagy legalábbis a lelassítására. Pl. a szomjúság esetén a vesék kevesebb, illetve sűrűbb vizeletet választanak ki, mintegy „takarékoskodva” a vízállományal. De ennek a belső (nem cselekvésszerű) intézkedésnek egészen más a mechanizmusa: a hipotalamusz nem idegimpulzust (nem neurális „üzenetet”) küld a vesének, hanem az ősi hírvivő rendszert használja fel: antidiuretikus hormont (ADH) küld a veséhez. Ezek „figyelmeztetik” a vesét, hogy „takarékoskodjék” a vízzel. Tehát *a kiváltó mechanizmus egységesítése főként a cselekvésre vonatkozóan valósul meg*; a cselekvésre, melynek lényege, hogy a külvilágra irányul, vagy abban a formában, hogy az organizmus viszonyát (pl. téri viszonyát) változtatja meg a környezethez, vagy magát a környezetet. Az ilyen intézkedésnek szükségszerűen környezeti mozzanatok mértékadása szerint kell lefolyniuk, s ez esetben a belső feltételek is azon az apparátuson keresztül kooperálnak, mely eredetileg a külső feltételekhez való igazodás — az adiafor determinációs skéma — számára képeződött ki, vagyis az idegrendszeren keresztül. Amikor teljes egészében belső intézkedésekről van szó, a szervezet a még ősibb módszerhez nyúlhat vissza — bár, mint a belső integráció elemzésénél láttuk — az idegrend-

szeri struktúrák itt is bevonhatók, sőt minden jel szerint jobb eredménnyel, mint az ősi hormonális rendszer.

További jelentősége is van még annak a ténynek, hogy a hipotalamusznak leadott jelzés nem válthatja ki minden további nélkül az elhárító cselekvést, és meghatározott, nem mindenkor adott környezeti feltételek szükségesek hozzá. Az üzemanyag-felvétel hosszabb-rövidebb ideig késhet, ami továbbmenően azt jelenti: *a jelzéshez nem tartozhat hozzá reflexszerűen a pótlást biztosító művelet*, az ivás és az evés (a „konzummatív” műveletek, ahogy gyakran nevezik). Így szükségszerűen megvalósul a kapcsolásnak az a „szabadsága”, melyet alapfeltételnek tekintettünk ahhoz, hogy a jelzés információvá minősüljön át. A jelzés ez esetben nem válhat pusztá „jeladássá” a cselekvésre, csak mint információ szerepelhet a belső történések bizonyos stádiumba jutásáról, mely fennmarad és hat – függetlenül attól, hogy pillanatnyilag előhívja-e az adekvát cselekvést vagy nem. Az információs jelleg tükröződik éppen abban, hogy *az üzemanyag fogyasztásnál előálló jelzések egyúttal pszichikus jelenségek*, érzékletek, éhség és szomjúság, alapjai. Éhség és szomjúság az embernél éppen úgy közvetlen érzékletek, mint a látási vagy hallási érzékletek.

*A cselekvés determinációja így pszichikus szinten is egységesítődik*: az éhség és szomjúság beletartoznak abba a perceptuális összképbe, mely a szükséges cselekvést előhívja, ellenőrzi és lezárja. A régebbi pszichológusok az éhséget, szomjúságot, a vizelet és székelési ingert teljes egészében az érzékletek csoportjába sorolták, s mint testi érzékleteket írták le (pl. FRÖBES, J., 1923). Mégis már jó pár évtizede ezeket a „szükségérzéseket” a pszichikus jelenségrendszer más pontján helyezik el. Ennek okára hamarosan rámutatunk.

A salakanyagok leadásával kapcsolatos műveleteket (székelés, vizelet) a fiziológusok általában mint reflexeket írják le. Mindenestre már az állatoknál ezek is további ingerekhez kondicionálhatók. Az embernél azonban még bonyolult szociális feltételeik is vannak, melyek általában nincsenek mindenütt és mindenkor adva. A műveletek elvégzése így megint messzemenően késhet, ami a jelzés számára itt is azt a kapcsolódási „szabadságot” biztosítja, mely a teljes értékű információvá való átminősülés alapja. Az ember



információt kap a belső veszélytörténések állásáról – tehát érzelmi azokat. Ez az átminősülés valószínűleg az ontogenezis során az első két-három életévben megy végbe (a gyermek „szobatisztává” válik).

### **31. A veszélytörténet és az arról szóló információ különleges cselekvésdetermináló szerepe. A motívum**

Egy mozzanatra már korábban is rámutathattunk volna, de jelentőségét teljes egészében csak fejtegetéseinknek ebben a szakaszában ismerhetjük fel. Megint (mint már oly sokszor) visszapillantunk első példánkra: az állat kitér a sebesen feléje közeledő tárgy mozgási pályájából. Cselekvését az az optikai ingereggyüttes váltja ki, mely a közeledő tárgyról és annak környezetéről szemébe érkezik. De a kitérő mozdulatot kodeterminálják fénysugáregyüttesek, melyek a terepnek a lokomóció szempontjából fontos mozzanatait jelzik, pl. azt, hogy balra egy fal vagy egy szakadék van (tehát arra nem lehet kitérni) és hasonlók. Az utóbbiakról azt mondtuk, hogy cselekvésdetermináló szerepük másodlagos, csak azért (és akkor) válnak cselekvésmeghatározóvá, mert (és amikor) a veszélytörténetet jelző inger a cselekvést már kiváltja. Egyébként hatásuk – „üres” információ, mely mintegy csak „alkalomra” vár, hogy valamilyen cselekvés irányításába befolyjék. Most a veszélytörténetből származó inger determinációs szerepét nézzük meg közelebbről.

Már az eddigiek alapján az a benyomásunk, hogy ez gyökeresen eltér a pusztán lehetőségeket és alkalmakat jelző ingerhatások determináló szerepétől. Nem elég azt állítani, hogy a cselekvés kiváltásához mind a kétféle ingerhatás szükséges. A különbség akkor válik szembeötlővé, amikor a lehetőségek és alkalmak – átmenetileg vagy tartósan – hiányoznak. Alappéldánkban ilyesmi – természetes körülmények között – aligha fordul elő, az állat a közeledő tárgy pályájából valamilyen irányba mindig kitérhet (hacsak a kísérletvezető egy magas, keskeny cölöp tetejébe fel nem teszi, ahonnan semmilyen irányba el nem mozdulhat; vagy valamihez hozzá nem köti). A determinatív szerepek különbözősége világosabban megmutatkozik a belső veszélytörténések elhárításánál. Mi történik, ha az állat pl. éhes, de látómezőjében nincs enivaló,

amelyhez odamenjen és bekebelezze? És tegyük fel, hogy — magasabb rendű állatoknál — az emlékezeti mezőben sincs ennivaló (az emlékezeti mezőre vonatkozóan lásd KARDOS L. és munkatársai, 1968, 1969, 1972). Azt jelenti-e ez, hogy az állat egyszerűen nem tesz semmit, nem cselekszik — minthogy nincs jelen olyan ingeregyüttes, melyhez meghatározott cselekvés (odamenés, bekebelezés) tartozik? Itt mutatkozik meg a veszélytörténés jelzésének különleges determinatív jellege. Az állat ez esetben visszanyúl egy ősbibb reakcióformához: *vaktában, irányítatlanul mozog — pusztán arra a lehetőségre fel, hogy az így megváltozott helyzetben valamilyen céltárgy adiafor körzetébe kerül*. Vagyis megindul a „kereső” viselkedés, melyet a 10. fejezetben közelebbről jellemeztünk. Ez mindenestre, mint már ott megállapítottuk, nem oly mértékben vak és irányítatlan, mint az amoeba mozgása, mert már igazodik a terepnek a lokomóció szempontjából releváns mozzanataihoz (nem ütközik akadályba, számításba veszi a talajformációkat stb.). A keresés legtöbbször azzal indul, hogy az állat csak a szemét vagy fejét mozgatja („körülnéz”) — adott esetben ahhoz ez is elég, hogy érzékszervei valamilyen táplálék adiafor körzetébe kerüljenek. A kereső mozgás általában nem áll le addig, amíg az ennivalót jelző ingerek meg nem jelennek. A veszélytörténésről kapott információ tehát *mindenképpen valamilyen cselekvést idéz fel*; akár a specifikus cselekvést (odamenés az érzékleti vagy emlékezeti mezőben megjelenő céltárgyhoz), akár az aspecifikust (csak bizonyos valószínűségekre épülő kereső mozgást). Determinatív szerepe tehát: *feltétlen cselekvéskiváltó*.

Ez a szerep különösen látványosan alakul, ha a kereső mozgás sikerének esélyeit mesterségesen csökkentik, pl. az állatot ketrecbe zárják. Aki THORNDIKE szemléletes leírását a ketrecbe zárt macska viselkedéséről olvassa (talán az első egzakt állatlélektani leírás), az láthatja, hogy az állat mindenfajta viselkedést, amelyre csak képes, produkál — úgyszólván egész viselkedérepertoárját „lepergeti” (ugrál, harapdálja a ketrec rácsát, fejét a rácsok közé nyomja, nyikkant stb. — THORNDIKE, E. L., 1911, 35. o.). Azóta ezeket a viselkedésformákat — minthogy minden instrumentális tanulás előzményei — behatóan tanulmányozták, spontán jellegüket, a környezeti ingerek által való

részleges irányítottságukat, a szükségállapotokból kiinduló determináltságukat feltárták, és a kísérletileg bevezetett tényezők jelentőségét pontosabban meghatározták (lásd ehhez pl. TAPP, J. T., 1969). Mindez mögött annak az elvi lehetőségnek a kihasználása rejlik, hogy minden cselekvés — minthogy lényege a környezethez való viszonyoknak vagy magának a környezetnek a megváltoztatása — olyan új helyzetet teremthet, melyben az állat a céltárgy adiafor körzetébe kerül (pl. a SKINNER-ketrecben), vagy a „szabad út” adiafor jelzése megjelenik (a problémaketrecben). A tisztán lokomóciós keresés általános *próbálkozássá* szélesedik. Mégis ez továbbra is ugyanaz az ősi mozgásforma, mely az állati létnek úgyszólván kiindulópontja.

A motívumnak fent jellemzett kettős cselekvésdetermináló lehetőségét tükrözi az eredetileg CRAIG által javasolt megkülönböztetés is „appetitív” és „konzummatív” viselkedés között (CRAIG, W., 1918). Az első tulajdonképpen a kezdeti keresési és próbálkozási fázis; a másik, a konzummatív viselkedés (pl. az evés) általában a lezáró fázis a motívum által előhívott viselkedésszekvenciában. Modern etológusok (LORENZ, K., TINBERGEN, N.) ezt a megkülönböztetést nagy súllyal bevonják elméleti elgondolásaikba, mert az egyik, az appetitív viselkedés messzemenően változékony (ez a variabilitás elméletünk szerint — lényegéhez tartozik), tanulással leszűkíthető, alakítható; a másik, a konzummatív, viszonylag merev, sztereotip, velünk született, a kulcsinger által kényszerűen előhívott.

Mindenesetre úgy véljük, általánosíthatunk. *Minden veszélytörténes jelzésének cselekvésdetermináló szerepe ilyen.* Valójában ugyanez történik a külső veszélytörténes esetén is. A magas cölöp tetejébe tett vagy valamihez hozzákötött állat a sebesen feléje közeledő tárgy láttára legalábbis motoros nyugtalanságot mutat, izeg-mozog, vagy kötelékeit megfeszíti — de valamiképpen viselkedik, bármennyire korlátozottak is lehetőségei. Ezért jelölik a veszélytörténesről kapott információt — akár külső, specifikus adiafor hatásra előálló, akár endogén eredetű, vagyis belső veszélytörténesből származó idegrendszeri folyamat — külön névvel: *motívum* („mozgató”).

A különleges determinatív jelleg az interocepciónál, pl. az éhség-

nél és szomjúságnál szembeötlő; ezeket már eleve mint motívumokat tárgyalják a pszichológiában. A motívumjelleg mellett az a tény, hogy azok ugyanakkor érzékleti információk is, elmosódik. A régebbi pszichológiában a motívum mint pszichikus jelenség nem szerepelt különleges súllyal, az éhséget és szomjúságot egyszerűen érzékleteknek tekintették. Másrészt a külső veszélytörténe-  
sekről informáló érzéklet motívumjellegét még ma is viszonylag kevésbé hangsúlyozzák – véleményünk szerint csak azért, mert olyan formában, mint az éhségnél vagy a szomjúságnál – kereső és próbálkozó cselekvések sorozatos kiváltásával – ritkán és inkább csak mesterkélt szituációkban nyilvánul meg.

A külső veszélytörténnel kapcsolatban röviden kitérünk egy látszólag közelfekvő értelmezésre. Eszerint nem a külső veszélytörténné perzepciója volna a motívum, hanem az annak nyomán támadó félelem. A félelemmel és általában az emocionális reakciókkal később fogunk foglalkozni. Kétségtelen az, hogy a külső veszély észrevezéséhez félelem társulhat (pl. amikor az állat üldözőjét pillantja meg), és ez a félelem fiziológiai jegyekből felismerhető. De az állat reakciója, amikor a közeledő, egyébként jelentőség nélküli tárgy megpillantására félrelép, minden valószínűség szerint éppúgy félelem nélkül következik be, mint az ember kitérő mozdulata az időben megpillantott jármű láttán. Forgalmas utcán is félelemmentesen közlekedünk. Igazodó mozdulataink motívuma egyszerűen a közeledő jármű észrevezése. Később meg fogjuk állapítani, mely ponton és milyen mechanizmus útján lép be a motívációba az emocionális faktor, a félelem vagy más negatív érzelem.

Elsősorban a belső veszélytörténné jelezésére bekövetkező viselkedésformák tanulmányozása a fogalomképzést egy másik irányba is terelte. A motívum, mint mondtuk, nem olyan tényező, mely vagy kivált egy meghatározott cselekvésformát, vagy nem. Ha a meghatározott cselekvésforma külső feltételei hiányoznak (pl. nincs táplálék a közelben), akkor is „cselekedtet” – mindenesetre nem „meghatározott”, hanem „meghatározatlan” módon. Ez a „cselekedtetés” mindaddig tart, amíg a feltételek a „meghatározott” cselekvésre (a konszummatív cselekvésre) meg nem jelennek. A szemléző benyomása az, hogy *a motívum az állatot „nem hagyja nyugodni”*. Ehhez járul egy másik mozzanat, mely ugyancsak akkor mutatkozik meg, amikor az elhárító (utánpótlást biztosító) cselek-

vés késik. A késés folytán a veszélytörténés természetesen súlyosbodik — ami elméletileg azt jelenti, hogy az illetékes  $\eta$ -változók még közelebb kerülnek a megkövetelt tartomány határaihoz. E súlyosbodás során azonban nemcsak az történik, hogy a kereső és próbálkozó viselkedés továbbtart, hanem az is, hogy *fokozódó erő kifejtéssel folyik*. Ez megmutatkozik mindenekelőtt a gyorsabb mozgásokban, az erőadagolásban, az akadályok legyőzésére latba vetett erőfeszítésben, olyan viselkedésformák „kipróbálásában”, melyekre egyébként nem kerülne sor (pl. a nagyon éhes állat olyasmit is megeszik, amely nem tipikusan tápláléka, vagy egyáltalában nem táplálék) és hasonlók. Ez a *dinamikus* mozzanat tovább erősíti a szemléltető benyomását, melyet fent úgy írtunk le: az állatot valami „nem hagyja nyugodni”. Többről van szó: az állat úgy viselkedik, mintha *valami belülről üzné, hajtaná*. Ebből nőtt ki a motiváció nyomán előálló „belső készítés”, a „drive” fogalma, mely olyan nagy szerepet játszik a modern állatpszichológiában, különösen az állati tanulás kutatásában.

Azt, hogy a veszélytörténés elhúzódása és súlyosbodása esetén a kiváltott cselekvés erő kifejtése fokozódik, úgy próbálták magyarázni, hogy valamilyen központot tétéleztek fel, mely a belső veszélytörténésből származó ingerlések által mintegy energiával „feltöltődik”, és egyrészt a kereső-próbálkozó mozgások, másrészt — amikor az adekvát szituáció (benne a szükségletnek megfelelő céltárggyal) megjelenik — a konzummatív cselekvés erő kifejtését intenzitásában meghatározza (LORENZ, K., 1950; TINBERGEN, N., 1951). Ezt az elképzelést, melynek konkrétabb idegrendszeri formát adni meglehetősen nehéz, többen nem fogadták el mint szükségszerű és általános megoldást (DEUTSCH, J. A., 1964; SCHNEIRLA, T. C., 1956). Mi is hajlunk arra a felfogásra, hogy a fokozódó erő kifejtés magyarázatához elegendő (ahogyan HULL is gondolta) valamilyen szenzomotoros összefüggés: a veszélytörténésről szóló információhoz a súlyosságnak megfelelően — vagyis annak, hogy az illetékes  $\eta$ -változók mennyire közelítették meg a károsodási határt — különböző nagyságú izomerőbevetés rendelődik hozzá. Úgy véljük, DEUTSCH ugyanezt gondolja, amikor azt mondja: „Az ingerlés (irritation) nem tárolódik, hanem, csak amíg jelen van, felidézi („generates”) a tevékenységet, és pedig mindenkor a saját intenzitásának megfelelő mértékben” (DEUTSCH, J. A., 1964, 27. o.).

Mindenesetre később látni fogjuk, hogy itt még másról is szó van, mint egyszerű kódolásról. A cselekvés erő kifejtésének szabályozásához ez esetben egy különleges mechanizmus is hozzájárul, mely az adiafor determináció egy az eddigiektől meglehetősen eltérő fejlődésének eredménye, s amelyet csak később (a 34. fejezetben) fogunk tárgyalni.

A „drive” fogalmát tulajdonképpen a behaviorista szemléletű kutatók emelték különleges jelentőségre, minthogy úgy vélték, a belső késztetés objektíven jól megfigyelhető, sőt esetleg mérhető jelenség: az állat „aktivitása”, a viselkedésben megnyilvánuló erő kifejtés mérhető. Használhatóbb paraméternek tartották, mint a szükségállapotot, melyet valójában csak előzményei alapján becsülhettek fel (mennyi ideig éhezették vagy szomjaztatták az állatot). Különös módon szinte feledésbe merült a nyilvánvaló összefüggés: a belső késztetés a szükségállapot következménye; és szükségállapot helyett gyakran csak „drive”-ot mondtak. Beszéltek tehát éhség- és szomjúság-drive-ról. De ami még különösebb, a szükségállapotot – illetve a belső veszélytörténet – jelző ingereket drive-ingereknek („drive stimuli”,  $S_D$ ) nevezték, sőt „drive-receptorok”-ról beszéltek, mintha a gyomor-kontrakciókból kiinduló vagy a hipotalamuszra közvetlenül ható folyamatok a belső késztetésből származnának, ami – véleményünk szerint – a tények feje tetejére való állítása. Természetesen az elnevezés tetszőleges – de azt hangsúlyozni kell, hogy az elnevezés nem implikálja, hogy ezek az ingerek a belső késztetéstől származnak vagy azt jelzik. Tudniillik a megfordítottja igaz – ezek az ingerek váltják ki a belső késztetést. HULL fogalmazása, bár a lényegét jól megragadja, ezen a ponton félreérthető; a következőt mondja: „Az állatok csaknem úgy tekintendők, mint szükségletek halmazatai („aggregations of needs”). Az effektor apparátusok funkciója az, hogy ezeknek a szükségállapotoknak a kielégítését közvetítsék. A szükségállapotok előállnak az organizmusban végbemenő progresszív változások, valamint a külső környezet károsító hatásai következtében. A receptorok egyik csoportjának (a drive-receptoroknak) a funkciója, hogy – az agyon át – aktiváló impulzusokat küldjenek a motoros apparátushoz, melyek megfelelnek a szükségletek

természetének és intenzitásának — amint az előáll. Valószínűleg e drive-receptorok, valamint a receptor—effektor kapcsolatok által — melyek az organikus fejlődés folyamán előre kiképeződtek — a különböző szükségletek cselekvéseket hívnak elő, melyek intenzításban és változatosságban növekednek, amint a szükségállapot súlyosodik.” (HULL, C. L., 1943, 64—65. o.)

Az előző fejezetben beszéltünk arról a félreértésről, mely a szükségállapot HULLI értelmezéséből és a belső veszélytörténés fel nem ismeréséből származott, és amely szerint a cselekvést a szükségállapot redukciója vagy megszüntetése zárná le. Itt is — minthogy az elgondolás bizonyos nehézségekbe ütközött — áttértek a drive-fogalom használatára, vagyis úgy vélték: a cselekvés a drive redukciójával (vagy megszűnésével) ér véget (ennek a redukciónak egyúttal messzebbmenő jelentőséget is tulajdonítottak; erről később). Helyesen ismerte fel DEUTSCH a fogalom ilyen használatában rejlő logikai cirkularitást: „A cselekvésről azt állítják, megszűnik, amikor a drive ingerek megszűnnek, és a drive-ingerekről azt állítják, megszűnnek, amikor a cselekvés megszűnik. Nincs más független kritérium a drive-ingerek megszűnésének megállapítására, mint a belsőleg készített („driven”) viselkedés megszűnése.” (DEUTSCH, J. A., 1964, 20. o.)

A keresést és próbálkozást, vagyis az általános és véletlenszerű („random”) mozgásprodukciónak nem szabad misztifikálni. Abban a tényben, hogy ez a mozgásprodukciónak végül olyan helyzetet teremt, melyben az állat a veszélytörténéstől mentesül (akár úgy, hogy üzemanyagot talál, akár úgy, hogy biztonságos helyre ér), nem szabad minden további nélkül valamilyen „célosságot” (purposiveness) látni. Ami történik, csupán az, hogy az állati élet alapelve érvényesül: megváltoztatni a környezethez való viszonyt vagy magát a környezetet — arra a lehetőségre fel, hogy az állat a változás eredményeként ilyen vagy olyan formában előnyösebb helyzetbe kerül. Legegyszerűbb változata kiindulási példánkban valószínűleg: az állat viszonylag kis helyváltoztatással letális károsodástól mentesül. A keresésnek és próbálgatásnak ez a mentesülés *nem „célja”, hanem csak* variábilis valószínűségű *kimenetele*. Egyébként az állati élőlény minden szinten — beleértve az embert — ehhez az ősi reakcióformához nyúl vissza, amikor megjelenik

valamilyen motívum, de nem társul hozzá olyan ingerszituáció, mellyel együtt meghatározott, a motívumnak megfelelő cselekvést hívna elő. Mindenesetre különböző formákat ölthet – legmagasabb szinten a keresés és próbálkozás a tényleges cselekvést megelőzve pszichikus folyamatokra korlátozódik; természetét talán legjobban a „divergens gondolkodás” formájában GUILFORD írta le (GUILFORD, J. F., 1956).

A kifejezések „keresés” és „próbálkozás” néha észrevétlenül antropomorf értelmezésre csábítanak. Az ember, amikor keres, vagy próbálkozik, anticipálja valaminek a képzeleti vagy gondolati előképét – a tárgynak, melyet meg akar találni, vagy a helyzetnek, melynek a próbálkozás során elő kell állnia. Így került be az állati tanulásról szóló elméletekbe pl. a „várás” fogalma (TOLMAN, E. C., 1932), melynek igazán csak akkor volna magyarázó értéke, ha az állat valamilyen formában „elővételezné” azt, amit vár – úgy, mint az ember. Hogy ilyesmit – legalábbis a magasabb rendű állatoknál – milyen mértékben és konkrét formában lehet feltételezni, itt nem tárgyalhatjuk meg. De egy valamit elvben leszögezhetünk: az, hogy az állat keresése vagy próbálkozása leáll, amint megjelenik valamilyen tárgy (pl. enivaló) vagy előáll valamilyen helyzet (pl. kinyílik a ketrecajtó), nem jelenti szükségszerűen, hogy a leállás oka valaminek a percepciója, amit az állat „várt”, vagy e percepció „megegyezése” valamivel, amit az állat „anticipált”. Sajnos ilyen, szigorú logikával nem igazolható következtetések elég gyakran felbukkannak. A „megtalálásnál” vagy a „megoldásnál” szükségszerűen csak a következő történik: azok a feltételek, melyek a keresést és próbálkozást felidézik (külső vagy belső veszélytörténet jelzései) a fellépő ingerhatásokkal (érzékekkel) együtt most már egy másfajta, nem keresésszerű, irányított cselekvést determinálnak (odamenés az enivalóhoz, kimenés az ajtón).\*

\* Hogy a fent említett csábítás az antropomorf értelmezésre mennyire erős, elárulja pl. éppen annak a könyvnek a címe, melyben a hidrafaló örvényféreg különös viselkedését (lásd fent) először leírták: „Jövőbe látó állatok” (KEPNER, W. A., 1925). — A szerző a jelenséget — a címhez híven — valóban szinte abszurd vitalisztikus elgondolással magyarázza.



Az etológusok gyakran megcsodálják azt a tényt, hogy a szükségleti vagy drive-állapotban levő állat „keresi” az ingert – gyakran így mondják: a „kulcsingert” (mert nem mindig olyan egyszerű és általános ingerekről van szó, mint amelyeket az enivaló vagy az ajtó kinyílása szolgáltat). Véleményünk szerint, amit meg kell csodálnunk, nem ez, hanem az alaptény: az organizmus a külső veszélytörténés jelzésére vagy a belső veszélytörténésre (esetleg jelzés közvetítése nélkül) összevissza, véletlenszerű, nagyjából irányítatlan viselkedésformákkal reagál (adott esetben, mint mondtuk, egész viselkedés-repertoárját lepergeti). Ennek a reakcióformának a gépi leutánzása meglehetősen nehéz. Viszont nem túl bonyolult feladat, olyan készüléket konstruálni, mely meghatározott külső hatásra (pl. az enivalóról jövő ingerre) meghatározott módon (pl. odamenéssel) reagál – akármilyen okból jelenik is meg az inger, akár a készülék „kereső” mozgása következtében, akár másképp (külső véletlen folytán vagy egy emberi személy beavatkozása által). Tehát az, amit meg kell csodálnunk, az ősi, spontán állati reakció, melyet már az amoeba mozgása demonstrál.

## 32. A motivációs funkció kiterjesztése

Az előző fejezetben a veszélytörténésről kapott információ különleges cselekvésdetermináló szerepét tisztáztuk – tulajdonképpen azt, amit a pszichológiában *motivációnak* neveznek. Lényegét még egyszer – további fejtegetéseink számára – két pontban összefoglaljuk. 1. a motívum bizonyos környezeti feltételekről és lehetőségekről kapott információkkal vektoriális együttesben olyan cselekvést vált ki, mely a veszélytörténést elhárítja. 2. Ha a szükséges környezeti feltételek hiányzanak (tehát a kellő információk sem futnak be), variábilis mértékben irányítatlan cselekvésprodukción indít meg és tart fenn – arra a lehetőségre fel, hogy a környezet a cselekvések valamelyike által „kedvezően” megváltozik, vagyis a szükséges feltételek megjelennek (olyan formában, hogy információk is érkeznek róluk). Ez a motivációs funkció óriási jelentőségű az állat életében. A veszélytörténéstől való mentesülés szinte lehetetlen volna nélküle. Egyszerűen, de nagyon találóan fogal-

mazza MILNER: „Ha az állatok csak azokra az ingerekre reagálnának, melyek valamilyen szükséglet kielégítésére vonatkoznak, akkor szerencsések volnának, ha néhány napig életben maradnának; a tárgyak ugyanis, amelyekre szükségük van, általában nincsenek receptoraik megfelelő körzetében. Az állatoknak explorálniuk kell, vagy legalábbis mozogniuk kell a terepben, hogy megtalálják, amire adott pillanatban szükségük van.” (MILNER, P., 1970, 356. o.)

Eddig is több ízben láttuk, hogy funkció-formák, melyek bizonyos feladatok ellátására kiképeződtek és az illető feladatkörben jól beváltak, felhasználásra kerülnek más területeken, néha egészen más típusú feladatok ellátásában. A motivációs funkcióról is mintegy „kiderül”, hogy sikerrel alkalmazható olyan esetekben is, amelyekben veszélytörténésről csak nagyon távoli vagy semmilyen értelemben sem beszélhetünk. A motivációs funkció ugyanis értelmezhető — a veszélytörténésre való utalás nélkül: az állat a motívum hatására, amennyiben bizonyos környezeti feltételek (s az azokról való információk) adva vannak, *meghatározott módon viselkedik*, vagy, ha az illető környezeti feltételek hiányoznak, „keres” és „próbálkozik” mindaddig, amíg e keresés és próbálkozás eredményeként a helyzet „kedvezően” megváltozik, a szükséges feltételek (s a róluk való információk) megjelennek, úgy hogy az állat ama meghatározott módon viselkedhetik. Mint láthatjuk, *a teljesítménybeli lényeg a veszélytörténés elhárításáról egy meghatározott viselkedésforma elvégzésére tolódik át*. A motivációs funkció tehát biológiailag kívánatos lehet, valahányszor az állatnak meghatározott cselekvést kell elvégeznie — függetlenül attól, hogy azzal valamilyen aktuális veszélytörténést elhárít-e vagy nem.

De milyen okból válhatik valamilyen viselkedés szükségessé — olyankor, amikor tényleges veszélytörténés (sem külső, sem belső) nincs jelen? Három ilyen ok jöhet számításba. 1. Az első, mely egyúttal a legősibb, teljesen független az organizmus veszélyeztettségétől: bizonyos cselekvésformák szükségesek *a faj fenntartására*. Csak erőszakos értelmezés volna vagy pusztá játék a szavakkal, azt állítani, hogy *a faj* kipusztulása *az egyéni* organizmusnak is valamilyen veszélyeztetettségét jelenti. Az állati élet gyakorlatában a fajfenntartó cselekvésformák általában időszakonként jelennek meg. Az indítékok konkrét természete (legtöbbször bizonyos,

főként az ivarmirigyek működéséből származó hormonok) számunkra itt nem lényeges. Amit kiemelünk, az az, hogy ezek az indítékok *motivumok módjára hatnak* – ugyanúgy, mint a tényleges szükségállapotok, a belső veszélytörténések: vagy közvetlenül előhívják a szexuális tevékenységet, ha a szükséges környezeti feltételek adva vannak (pl. a másnemű partner jelen van), vagy, ha azok nincsenek adva, olyan működésekre serkentenek, melyekkel e feltételeket megteremtik. Ezek lehetnek ugyancsak speciális cselekvésformák (csalogató hangok, szagok, ritualizált viselkedés stb.) vagy variábilis mértékben irányítatlan keresés és próbálkozás. A determinációs szerepre itt is érvényes a dinamikus mozzanat: a motívum az állatot „nem hagyja nyugodni”, űzi, hajtja; továbbá: a viselkedés erő kifejtése a célcselekvés (a konzummatív cselekvés) késésével fokozódik.

A szexuális motívum által megindított viselkedésformák gyakran rendkívül bonyolultak, a szakaszok hosszú láncolatából állnak, és szinte fantasztikusan változatosak a különböző fajoknál. Legtöbbször ritualizáltak, vagyis meglehetősen merev lefolyásúak. Nem tartozik feladatkörünkbe annak vizsgálata, hogy hogyan működnek össze e bonyolult cselekvésformák vezérlésében a motiváció (bizonyos fejlődési szinten: a motivációs központ), a vele született kiváltó mechanizmus (az „IRM”, innate releasing mechanism), az ingereket – mind a kulcsingereket, mind a módosító ingereket – felvevő receptorok és feltehetően más, a lezárást determináló tényezők (melyeket különösen DEUTSCH hangsúlyoz). Amit ki akartunk mutatni, az csak *a motivációs funkció érvényesülése* – hangsúlyozva, hogy ez a funkció véleményünk szerint elsődlegesen a veszélytörténést elhárító cselekvés kiváltására és levezetésére képeződött ki. Röviden megemlíjtjük azt is, hogy ebbe a körbe tartoznak az ugyancsak rendkívül változatos magzatápoló műveletformák vagy a bonyolult előkészítő cselekvések a megtermékenyített petesejt kifejlődéséhez szükséges feltételek megteremtésére és biztosítására.

A 2. ok, amely miatt cselekvések szükségessé vagy legalábbis kívánatossá válhatnak az állat életében, már valójában összefügg a veszélytörténéssel, vagy az 1. sz. okkal, a szexuális műveletek feltételeinek hiányával – de nem abban az értelemben, hogy a veszélytörténetés vagy a hiány ténylegesen fennáll, hanem csak

abban, hogy bekövetkezhetik – valamikor vagy bizonyos időközökben. Már a 23. fejezetben kifejtettük, hogy két körülmény szükségtelemé teszi az adiafor determináció alkalmazását a megelőző cselekvés kiváltásában. Az egyik a *megelőzendő biológiailag releváns esemény természetére* vonatkozik, éspedig, ha az többékevésbé szabályszerű periodikussággal jelenik meg (pl. évszakonként). A másik körülmény a *megelőzés módjára* vonatkozik: a szervezet bizonyos esetekben felkészülhet a biológiailag releváns eseményre úgy is, hogy az időpont, melyben az megjelenik, nem számít; vagyis az organizmus egyszer s mindenkorra felkészülhet a biológiailag releváns eseményre (mely lehet pozitív vagy negatív). Az ilyen megelőző cselekvéseket nagy általánosságban belső indítékok hívják elő – akár valamilyen „biológiai óra” jelzése által, mely a kívánt időpontban hatékonyvá válik, akár valamilyen más belső működés által. Megint hangsúlyozzuk: *ezek az indítékok is legtöbbször motívumok módjára hatnak*. Nem egyszerűen előhívják a cselekvést, hanem „készítetnek” rá, megteremtik lefolytatásának feltételeit – amennyiben azok nincsenek már adva. Az első csoportba tartoznak pl. az állatok időszaki vándorlásai, a másodikba a fészeképítés, a hálókészítés, a táplálékgyűjtés, hogy csak a legkirívóbb formákat említsük. Ezek a cselekvésformák is fantasztikus változatosságban fordulnak elő, lefolyásuk néha csodálatosan „célirányos” – ami igen kiváló kutatókat is vitalisztikus magyarázatokra csábított. Már korábban (a 23. fejezetben) leszögeztük, hogy elméleti alapelgondolásunk – speciálisan az adiafor determináció elmélete – nem akar és nem is tud az organikus célirányosság valamilyen megoldása lenni.

3. Ez az ok összefügg a *cselekvést lebonyolító idegrendszeri és mozgásapparátus különleges természetével*. Cselekvések elvégzése szükségessé válhatik csupán azért, hogy a lebonyolító apparátus épségben maradjon és teljesértékűen működhessen. Így is mondhatjuk: az állatnak cselekednie kell magáért a cselekvésért, a mozgásért, „gyakorolnia” kell azt; csak így marad működésképes akkor is, amikor a fent felsorolt motívumok fellépnek. Minden más egyéni vagy faji érdektől függetlenül fellépnek tehát külön indítékok a pusztán aktivitásra, a cselekvésre, a mozgásra, sőt az érzékelésre is, mely a cselekvés vezérlésében szerepel. Így állnak elő belső késztetések az aktivitásra, a mozgásra, az explorációra

stb. — minthogy ezek az indítékok is motívumok módjára hatnak: nemcsak kiváltják pl. az aktivitást, hanem, ha kell, megteremtik — vagy mindent megtesznek, hogy megteremtsék — annak feltételeit. Pl. a mozgásában gátolt (megfogott vagy megkötözött) állat igyekszik a kéztől vagy kötelékeitől megszabadulni, hogy akadálytalanul mozoghasson, vagy a bezárt állat kiszabadulni igyekszik. Valóságos aktivitás-, mozgás- és explorációs „szükségletéről” beszélhetünk. Említenünk sem kell, hogy milyen sokféleségben jelennek meg ezek a motívumok az embernél — mint belső késztetések a mozgásra, sportra, játékra, megfigyelésre, megismerésre, sőt még olyan magas rendű formában is, mint pl. az „episztemikus kíváncsiság” (BERLYNE, D. E., 1962).

A most tárgyalt motivációs formákra tehát jellemző, hogy egyáltalában nincs vagy csak nagyon közvetett közük van a veszélytörténéshez, illetve a szükségállapothoz. A belső veszélytörténéseket CANNON óta mint a homeosztázis megzavarását értelmezik. A homeosztázis az a dinamikus egyensúly, melyet az organizmus fenntart. Talán GROSSMAN az első, aki különbséget tesz homeosztatikussal és nem homeosztatikussal belső késztetések között. A megkülönböztetésnek nagy jelentőséget is tulajdonít (GROSSMAN, S. P., 1967, 605. o.). A nem homeosztatikussal motívumok éppen azok, melyeket ebben a fejezetben tárgyalunk, minthogy kiindulópontjuk nem a homeosztázis megzavarása. A nem homeosztatikussal motivációhoz tartozik értelemszerűen a külső veszélytörténésről kapott információ is, hiszen ott az organizmust még semmi sem éri — az adiafor hatáson kívül, mely az  $\eta$ -változókat nem alterálja, tehát következőképpen a homeosztázist sem. Az utóbbiakkal mint motívumokkal GROSSMAN nem foglalkozik — aminek feltehető okára korábban rámutattunk. MILNER ugyanezt kissé élesebben formulázza: külön beszél regulatorikus és nem regulatorikus motivációról. Reguláción, mint általában, azt érti, hogy a belső környezetnek valamilyen standard értékről való minden eltérése (éhség, szomjúság stb.) olyan organikus intézkedést hív elő (fiziológiai vagy viselkedésszerűt), mely az eltérést korrigálja. Valójában tehát csak a hiba által ellenőrzött regulációt („error controlled regulation”) veszi számításba. Pedig, helyesen értelmezve, a külső veszélytörténés ellen való megelőző védekezés — nulla értékű hibával (vagyis nem hiba jellegű, adiafor hatás közvetítésével) — szintén reguláció, végső soron szin-

tén a belső környezet állandóságának biztosítása. MILNER nyilván nem gondol erre, mert a menekülő viselkedést („escape behavior”) is a nem regulatorikus motiváció által indított cselekvések közé számítja; sőt a kitérő mozgást is — mely a mi kiindulási példánk. Hivatkozik a „gyorsan közeledő tárgyak” elől való menekülésre (MILNER, P., 1970, 359. o.). Ugyanez áll az agresszív viselkedésre; ez vagy a táplálékszerzés szükségszerű előjátéka (pl. a ragadozóknál), vagy védekezés az ellenség részéről fenyegető károsodás ellen. A mi felosztásunk tehát csak részben fedi a fenti felosztásokat (homoesztatikus — nem homoesztatikus; regulatorikus — nem regulatorikus). Némileg hasonló módon különítette el a jelenségeket már LASHLEY, aki a motiváció fogalmát elsősorban a (tág értelemben vett) „deficitre” adott reakciók számára óhajtotta fenntartani, míg más esetekben (pl. fészeképítés) inkább ösztönös cselekvésmintákról beszélt — bár úgy vélte, hogy a kettő közötti megkülönböztetés nem mindig világos (LASHLEY, K., 1938).

Mindezekben az esetekben, mint mondtuk, a cselekvést kiváltó belső indítékok úgy hatnak, mint motívumok; az organizmus e cselekvések determinációjában „leutánozza” azt a formát, mely eredetileg csak a tényleges külső vagy belső veszélytörténés elhárítására képeződött ki. Ennek önmagában nincs szükségszerű köze az adiafor determinációhoz. Mégis, minthogy cselekvésekről van szó — melyeknek környezeti feltételei vannak és környezeti feltételekhez kell igazodniuk — lefolytatásukban a környezetből jövő információknak — tehát az adiafor determinációnak — szükségszerűen része van. Ez ugyanúgy, mint ahogy a belső veszélytörténésnél láttuk, maga után vonhatja az „egységessítődési” alakulást: a nem veszélytörténésekből származó indítékok is adiafor folyamatokon — idegrendszeri történéseken — keresztül folynak be a cselekvés determinációjába. A szexuális indítékok idegrendszeri áttételeit, a motivációs központot, már elég jól ismerjük. Sőt az a benyomás is eléggé megalapozott, hogy valamennyi belső indíték, amennyiben motívum módjára hat, ugyanazon az idegrendszeri központon keresztül érvényesül (hipotalamusz és közvetlen környéke). Innen már csak egy lépés a további fejlemény: egy magasabb központba információk futnak be a belső indítékok megjelenéséről — ugyanúgy, mint a tényleges szükségállapotokról — és a motivációs funkció — legalábbis részben — ezeken az információ-

kon keresztül érvényesül. Az embernél a „motivációs információk” élményszerűen követhetők: szexuális vágy, aktivitás-szükséglet, mozgásszükséglet, sőt munkaszükséglet stb. Az információknak és a megismerés különböző formáinak szerepe az emberi cselekvés motivációjában egyre nagyobb jelentőségre emelkedik az ún. kognitív pszichológiai kutatásokban és elméletekben, melyek a pszichológia egyik jelentős modern irányzatát képviselik (lásd pl. WEINER, B., 1972).

Nem voltunk elég pontosak, amikor az előzőkben így fogalmaztunk: bizonyos (vagy meghatározott) cselekvések szükségessé válnak. Valójában ennél többről van szó, s csak a gondolatmenet kifejtésének átmeneti egyszerűsítése érdekében követtünk el egy könnyen korrigálható pontatlanságot. A cselekvések, pl. a szexuális műveletek vagy a fészeképítés, nem jellemezhetők csupán a mozgás és izomműködés adataival; gyakran inkább *valamilyen végállapottal*, melyet létrehoznak. Noha a cselekvések messzemenően ritualizáltak lehetnek, mégis ugyanakkor a ritualizált mintán belül variálnak, és pedig — a motívum nyomására — mindaddig, amíg a véghelyzet vagy végstádium be nem következik. A motivált cselekvés csak akkor zárul le. Ez az időzítés csak úgy lehetséges, hogy a véghelyzetről vagy végstádiumról megfelelő információk érkeznek a cselekvést végző állathoz. Az információkat általában kívülről jövő adiafor hatások közvetítik (az állat látja a kész fészket vagy hálót; a hím állatot a genitális felületen jellegzetes taktilis ingerek érik); ezek az információk *a cselekvés lezárulásának közvetlen okai*. A motívum tehát nem egyszerűen bizonyos cselekvésekre, hanem *bizonyos eredményű cselekvésekre* késztet, s a motívum nyomása addig tart (ami azt jelenti, hogy adott esetben a keresés és próbálkozás addig tart), amíg az információk az eredményről be nem érkeznek. Ez a mozzanat különleges hangsúlyt kap DEUTSCH elméleti elgondolásaiban, aki a külső ingerek fő funkcióját — véleményünk szerint: egyoldalúan — éppen ebben a visszajeletésben és a cselekvés leállításában látja (természetesen a motívum megszüntetésén keresztül). Nagyjából ugyanezt szögezik le az etológusok is. THORPE mondja: „Láthatjuk, hogy az állat célja nem mindig egy cselekvés elvégzése: ez néha egy környezeti szituáció érzékelése; és e szituáció megteremtése éppúgy eredményezheti egy cselekvésszakasz lezárulását, mint valaminek a kielégítése, amit elnagyoltan

fiziológiai szükségállapotként foghatunk fel.” (THORPE, H. R., 1961, 92. o.) A véghelyzet vagy végstádium követelménye természetesen nem áll a cselekvésformákra, melyek a 3. számú okból válnak szükségessé.

Bizonyos törzsfajlódási szinten felül úgy tűnik, az állat minden mozgásos megnyilvánulása motivált. Érdekes a motivált cselekvés viszonya a reflexhez. Az, hogy a cselekvés motivált, valójában csak akkor dől el, amikor a cselekvés végrehajtásának feltételei nincsenek adva; mert akkor az állat a már leírt módon jár el: *valahogy* cselekszik — ha másképp nem, akkor vakon keres és próbálkozik —, hogy a feltételeket megteremtse. Vannak cselekvések, melyeknek külső feltételei minimálisak; ha az állat lábát megszúrják, elrántja. Ennek az elrántásnak a külső feltételei csak nagyon mesterként szituációban nincsenek adva, pl. lefogják az állat lábát. De ilyenkor az állat láthatóan erőlködik, hogy lábát kiszabadítsa és elránt-hassa. A védekező reakció reflexnek tűnik, de valójában motivált cselekvés. Más a helyzet pl. a térdreflexszel: ha lábunkat lefogják, a reflex a minimumra (puszta izomrándulásra) redukálódik, de semmilyen készlet sem lép fel arra, hogy a reflektorikus reakció elvégzésének feltételeit megteremtsük. (Amennyiben lábunkat szabaddá akarjuk tenni, úgy ennek egészen más a motívuma.) A motivált cselekvésen belül bizonyos, legtöbbször rövid szakaszok teljesen reflexszerűek — egyszerűen azért, mert úgyszólván sohasem kerül sor arra, hogy elvégzésüknek feltételei nincsenek adva.

A motivációs funkció az embernél csaknem univerzálissá válik. Minden elhatározás nyomán olyan belső indíték születik, mely motívum módjára hat. Az, hogy elhatároztuk, hogy feladunk egy levelet, nemcsak azt jelenti, hogy a megfelelő ingerszituáció — a postaláda megpillantása — előhívja a bedobó műveletet, hanem azt is, hogy amennyiben postaláda nincs jelen, megkeressük, vagy a postahivatalba megyünk. Az elhatározás nyomán előálló indíték, a szándék, éppúgy „nem hagy nyugodni” és „nyom”, mint akár az ősmotívumok, a szükségállapotok. Nagyon találóan nevezte LEWIN a szándékot és a szándékszerű állapotokat „kváziszükségletnek” (LEWIN, K., 1926).



## VII. AZ ADIAFOR DETERMINÁCIÓ PARADOX ALKALMAZÁSA. AZ EMÓCIÓ

### 33. A testfelületet érő káros hatások és a fájdalomérzékelés

Fejtegetéseinket két organikus intézkedéstípus szembeállításával kezdtük, az egyik a regeneratív, a másik a megelőző tevékenység volt. Mindazt, amit eddig elméletileg felépítettünk, a megelőző intézkedéstípus determinációjának elemzéséből nyertük. A regeneratív folyamatoknak nincs különleges determinációs problémájuk, velük tovább nem is foglalkoztunk. Most mégis – a megelőző intézkedéstípus, a viselkedés mélyebb ismeretében – visszatérünk hozzájuk. Egy ponton már korábban is (a 9. fejezetben) a helyváltoztató mozgások legősibb formáinak, a taxisoknak a tanulmányozásánál utaltunk e mozgásformák és a regeneratív folyamatok lehetséges kapcsolatára: az állat valamilyen káros hatás körzetébe kerül, s ilyenkor természetesen nemcsak az történik, hogy a már elszenvedett kár regenerációja megindul, hanem az állat megfelelően viselkedik is, éspedig olyan mozgást végez, mellyel a káros hatás körzetéből kikerül, vagy legalábbis annak egy kevésbé káros zónájába kerül át. Ezzel a további károsodást csökkenti, vagy annak teljesen elejét veszi, ami továbbmenően *a már elszenvedett kár regenerációjának is segít*. A fobotaxisokban megnyilvánuló primitív reakció valójában fennmarad az egész törzspejlődés során – az averzív viselkedés formájában: az állat *minden olyan szituációból, melyben valamilyen károsodás éri, kimozdul*, menekül, vagyis környezetét változtatja – arra a valószínűsége fel, hogy az új környezetben további káros hatás nem éri.

Kívülről jövő káros hatás természetszerűen először a testfelületet éri. Vegyük azt a gyakori károsodási formát, mely valamilyen tárggyal (vagy akár élőlénnel) való érintkezésnél következik be, pl. forró, szűrő vagy káros kémiai hatású tárgyfelület esetében. Ilyenkor a kontaktust megszakító mozdulat, a test vagy a végtag elhúzása vagy gyors elrántása a további károsodást megszünteti. A mozdulat mint védekező reflex úgyszólván mindenütt megtalálható az állatvilágban. Ezzel a reakcióformával is találkoztunk már koráb-

ban — különleges formában, a 17. fejezetben. Nem károsító kontaktus esetén, amennyiben az „programon kívüli” — vagyis nem az állat cselekvése által programszerűen felidézett — lefolyásában teljesen hasonló „elutasító” viselkedést regisztráltunk: az állat visszavonul az „adiafor ürbe”. A reakciót a kontaktusnál előálló adiafor nyomáshatás váltja ki a bőrben levő mechanoreceptorok közvetítésével. Feltehetnők, hogy tulajdonképpen ugyanerről a reakcióról van szó a károsító kontaktusnál is; a tapintási receptorokat ez esetben szükségszerűen valamilyen nyomáshatás is éri. Mégis a két reakcióforma nem azonos. Könnyen belátható, hogy a védekező reflex (pl. a végtag visszarántása) akkor is bekövetkezik, amikor a puszta érintés ilyen viselkedést nem váltana ki. Közismert állattlélektani kísérleti technika a következő: az állat — pl. az útszövőben lépkedő patkány — mozgása közben olyan helyre lép, ahol lábát gyenge áramütés éri — mire lábát azonnal visszarántja. Ha a lépésnél lábát csak a szokásos, „programszerű” nyomásingerek érnék, a visszarántó mozdulat nem következne be. A károsító külső hatás (áramütés) tehát külön motoros reakciót vált ki. Adott esetben az állat a testrész elrántásával nem mentesül a károsító hatástól — pl. amikor a térrész padlózatába, amelyen az állat éppen áll, áramot bocsátanak (ugyancsak gyakori kísérleti technika). Ilyenkor az állat menekülni próbál a térrészből. Ugyanolyan irányított vagy irányítatlan környezetváltoztató mozgásokat produkál, mint amelyeket — ahogy az előző fejezetben leírtuk — a veszélytörténésről kapott információ, a motívum, nyomására végez.

Valójában ez az averzív viselkedés is megelőző jellegű, elhárítja vagy valószínűtlenebbé teszi a további károsodást. Bizonyos értelemben itt is egyfajta „veszélyről” van szó, *a már elszenvedett ártalom folytatódásának (tehát súlyosbodásának) vagy megismétlődésének veszélyéről*, melynek a viselkedés elébe vág. Mégis a tényállásnak van egy számunkra elméletileg fontos pontja: a veszélytörténést elhárító cselekvés determinációjának problémája — melyből az adiafor előhatások szükségességét levettük — ebben az esetben tárgyaltalan; ennél a „veszélynél” már törvényszerűen káros hatások érik az organizmust, és nincs szükség előre szaladó, nem káros, adiafor hatások determinatív közreműködésére. A már bekövetkezett káros hatás maga determinációs bázisa lehet annak a cselekvésnek, mely a további károsodásnak elhárítóan elébe vág.

Valójában ez is történik — de különleges formában, és pedig megint úgy, hogy mintegy „leutánozódik” az adiafor alapminta, mellyel az állati organizmus az információn alapuló cselekvés-determinációt megvalósítja. Mint már mondtuk, a bőr károsodása — a kontaktusnál — mindenekelőtt előhívja a regenerációs fiziológiai folyamatokat, de ugyanakkor elkerülhetetlenül hat a bőrben levő mechanoreceptorokra is. Viszont kifejtettük, hogy ez nem magyarázza meg a különleges védekező reakciót. Ma már tudjuk, hogy az elkerülhetetlen „mellékhatást” egy másik, külön erre a célra kiképeződött receptorberendezkedés, az ún. *nociceptorok* (szomesztetikus apparátusnak is nevezik), veszik fel — legalábbis a magasabb rendű állatoknál. A nociceptív rendszer hívja elő a további károsodást elhárító viselkedést (amikor az egyáltalában lehetséges, pl. a kárt okozó kontaktus megszakításával). A receptorberendezkedés legfőbb elemei *a csupasz idegvégződések*, idegvégződések, melyeknek nincs terminális apparátusuk. Hogy ebben biológiai ésszerűség van, már SHERRINGTON világosan felismerte. Érdekes klasszikus fejtegetéseit szó szerint idézni: „... ha feltételezzük, hogy az annyira exponált érző szervet, a bőrt érő károsodás szükségképpen elég gyakori volt — fontosságához képest — az állati élet fejlődéstörténetében, akkor specifikus idegek létezése a bőrfájdalom részére nem jelent nagyobb genetikai problémát, mint a vér alvadása vagy a velünk született immunitás bizonyos betegségekkel szemben. Hogy ezek az idegvégződések különleges fajtájúak, indokolható azzal, hogy valamennyien egyfajta érzékletet keltenek, és olyan reflexmozgásokat hívnak elő, melyek »céljukat«, intenzitásukat, a »sokkhatással« szembeni ellenállásukat tekintve azonos jellegűek. És könnyen feltehető, hogy fejlődésüket nem kísérte valamilyen specializált végkészülék kialakulása, mint-hogy a csupasz, szabad idegvégződés jobban megfelel az ingerek különleges, széles körének, melyekre mindre reagálniuk kell. Alacsony küszöbre *nem* volt szükség, mert az ingerek intenzívek, hiszen éppen intenzitásuk folytán károsak; de szükséges volt az is, hogy a különböző jellegű ingerek széles körére reagáljanak, mert az ártalom különböző formákban léphet fel. A reaktivitásnak ezt a széles körét biztosítja a csupasz ideg, és csak gátolná egy specializált végkészülék. Ezért ezek az idegvégződések szabadok maradtak.” (SHERRINGTON, CH., 1911, 229. o.)

Sok mindenben, amit ez az eszmefuttatás tartalmaz, az idő túlhaladt. Ma már tudjuk, hogy a csupasz idegvégződések nemcsak fájdalomreceptorok, hanem a tapintási érzékelés megalapozásában is részt vesznek. Azt is tudjuk, hogy az inger fokozott intenzitása nem jár okvetlenül fájdalomérzékeléssel (ahogyan ezt már ADRIAN és munkatársai a szőrszál-folliculusok nagy intenzitású ingerlésénél kimutatták; ADRIAN, E. D., CATTELL, M. és HOAGLAND, H., 1931). Sőt azt is tekintetbe kell venni, hogy bizonyos körülmények között (pl. helyi anoxia esetén) kisebb intenzitású ingerek is fájdalmat okozhatnak (hiperalgesia). Mégis a „biológiai ésszerűség” lényeges pontjai, úgy ahogyan azokat SHERRINGTON meghatározta, érintetlenek maradtak, sőt bizonyos tekintetben megerősítést nyertek. A fájdalomérzékelést mindenütt – nemcsak a bőr felületi rétegeiben, hanem a test mélyebben fekvő szöveteiben, a véredények falában, a mesenteriumban, a különböző szervüregeket kibélelő szövetekben és az izmokban – *szabad idegvégződések* szolgáltatják (függetlenül attól, hogy szabad idegvégződések más funkciókat is elláthatnak). Érdekesen alakultak ismereteink az *ingerintenzitás* és a fájdalomreakció viszonyát illetően: az intenzív ingerlésnek jut továbbra is a fő szerep – de adott esetben *a relatív intenzitás* számít. Az erősebb ingerek, mint már arra rámutattunk, szükségszerűen más afferens idegvégződésekre (mindenekelőtt csupasz idegvégződésekre) is hatnak, de e hatások – amint ezt először ZOTTERMAN feltételezte (ZOTTERMAN, Y., 1939) – gátlóan befolyásolják a fájdalom speciális idegapparátusának működését, s annak érvényesülését csak bizonyos erősségi foknál teszik lehetővé; így adódik, hogy ezeknek az afferenseknek valamilyen csökkent működése esetén (pl. az anoxiás bőrfelületen) a tőlük kiinduló gátló hatás is csökken, és a fájdalom idegvégződései kisebb intenzitású ingerre is erősebben reagálnak. Érdekes formában nyert megerősítést SHERRINGTON elgondolásának az a pontja, mely *a magas ingerküszöbre* vonatkozik. Bizonyosnak látszik, hogy a fájdalom-reakció felidézésében az ún. C-rostok (a GASSERI-felosztás szerint) játsszák a fő szerepet; a C-rostok a legkisebb átmérőjű kategóriába ( $1 \mu$  körül) tartoznak, s tudjuk, hogy nemcsak az ingerületvezetés gyorsasága, hanem a küszöb alacsonyúsága is lineáris függvénye a rost átmérőjének. A C-rostok szubmaximális ingerlésre úgyszólván nem is reagálnak (GROSSMAN, S. P., 1967, 26. o.).

A fájdalomreakció alapját képező mechanizmust, melynek legtekélyesebb modelljét MELZACK és WALL adta meg (MELZACK, R. és WALL, P. D., 1965), nem szükséges tovább követnünk. Azt, ami az újabb idevágó kutatások eredményeiben (melyek még sajnos nem teljesen egybehangzóak), a mi elméleti elgondolásaink szempontjából fontos, a következőkben foglalhatjuk össze: minden károsodásról, mely külső hatás következtében vagy más okból a szervezetben (a bőrfelületen vagy másutt) keletkezik, „leágazik” valamilyen folyamat (ennek a természetéről is különböző hipotéziseket állítottak fel), mely csupasz afferens idegvégződéses bizonyos rendszerére hat; e rendszerben magas érzékenységi küszöbű idegvégződéses játsszák a fő szerepet; következőképpen: a leágazó folyamatnak (tehát a fájdalom közvetlen és adekvát ingerének) ugyancsak viszonylag nagy intenzitásúnak kell lennie. „Viszonylag” azt jelenti: a többi külső hatásra bekövetkező adiafor folyamathoz képest; vagyis ez a leágazó folyamat maga nem okvetlenül „káros” vagy „kóros”, beletartozhat még az adiafor kategóriába. Ez valójában nincs ellentétben SHERRINGTON téziseivel: éppen nagy intenzitása folytán könnyen feltehető, hogy a káros hatásról viszonylag nagyobb intenzitású adiafor folyamat ágazik le és éri el az illetékes idegvégződéseket. Biztos, hogy nagyon kockázatos erről a folyamatról teoretizálni – de hivatkozhatunk arra, hogy a fájdalominger magukban az idegvégződéses és rostokban nem okoz valamiféle „károsodást”, csak maximális impulzusfrekvenciát. MELZACK és WALL elgondolásaiban jelentős számunkra az, hogy feltételeznek egy centrális kódoló rendszert; a magas impulzusfrekvenciához csak „hozzakódolódik” a fájdalomreakció, és mindaz, amit ez az élményen kívül magába foglal (erről később). Az excesszív erősségű ingerlés („excessive input”) önmagában még olyan értelemben sem „káros”, hogy valamilyen dezorganizáló hatása volna a centrális tevékenységekre – amire többen gondoltak (pl. HEBB, 1949). A dezorganizáló hatást nem elsősorban a fájdalomnak (a „testi fájdalomnak”), hanem általában az emócióknak tulajdonították (erről is később; lásd ehhez LEEPER, 1948).

Valójában itt ugyanazt a gondolatmenetet alkalmazzuk, mint a 17. fejezetben, ahol az irreleváns (deformáló) nyomás hatásrezi-

duumáról beszéltünk. Ilyen fajta mellékhatásokra gondolunk a bőrfelületet érő károsodásokkal kapcsolatban is. Mégis: egy mélyreható különbséget regisztrálnunk kell: az adiafor hatások bevonása a reakció determinációjába eredetileg csak azáltal nyert értelmet, hogy törvényszerűen megelőzött egy biológiailag releváns hatást; e hatás környezeti előzményeiről „ágazott le”, s így a reakció megelőzhette a tényleges káros hatást – most a már bekövetkezett, magában az organizmusban felidézett kárról (nem annak környezeti előzményeiről) ágazik le a folyamat és hat a receptorokra. Még akkor is, ha ez a további károsodás megelőzését szolgálja, nemcsak nem szükségszerű megoldás (mint az igazi megelőzés esetén), hanem bizonyos értelemben paradox jelenség. *A fájdalomreakció – az adiafor determináció paradox alkalmazása.* A viselkedés kiváltásához és vezérléséhez az organizmus ebben az esetben is a már szinte „hagyományos” utat választja – az idegrendszeren és az idegvégződésekre gyakorolt „leágazó” adiafor hatásokon keresztül – pedig erre már valójában nincs szükség.

Nagyjából analóg mechanizmus lép működésbe az ún. mély fájdalom esetén – az organizmus különböző részeiben előálló ártalom következtében. Legfőbb szerepet a véredények falában levő csupasz idegvégződések játsszák, melyeknek ingerlésére a véredények disztenziójánál vagy túlságos dilatációjánál kerül sor. Pl. a fejfájásnak több oka lehet, a legtöbbször a közvetlen fájdalominger a véredények szabad idegvégződéseire hat. Így magyarázható a másodlagos, átvitt, „kisugárzó” fájdalom („referred pain”) is, mely gyulladásnál az azt kísérő vascularis eldugulás következtében az ártalom helyétől távolabb felléphet.

Belső veszélytörténések is – amennyiben az elhárító cselekvés hosszabb ideig késik – olyan szakaszba juthatnak, amelyben már funkcionális zavar vagy akár szerkezeti károsodás áll be. Kissé tartósabb éhezésnél vagy szomjázásnál éles fájdalom léphet fel. Ugyanez történhetik a többi szükségállapot esetében is. Viszonylag keveset kutatták ezeknek a fájdalomnak az eredetét és idegrendszeri mechanizmusát, de nem kétséges, hogy itt is a szabad idegvégződések rendszere lép működésbe az ártalom okozta elváltozás vagy zavar nyomán. Mindenesetre élményszerűen nehéz megállapítani, hol végződik az éhség mint semleges érzéklet, s hol kezdődik az éhség mint fájdalom. Ezt az átmenetet a semleges érzéklet-

ből a fájdalomélménybe — a bőrt érő ingerhatások esetén — jól magyarázza a MELZACK — WALL-féle fájdalommodell, amelyre már nem térhetünk ki részletesebben.

Itt találkozunk azzal a fogalommal, amelyre már korábban utaltunk, s amely elméletünk szempontjából — ellentmondásos. Ez — a „káros inger”. Az 5. fejezetben megkíséreltük bizonyítani, hogy az, amit közönségesen ingernek neveznek, elsődlegesen adiafor — illetve adiafor hatásához vezető — folyamat. Ott kifejtettük, hogy az ingernek erre az alapjellegeré nem eszméltek rá a fiziológusok. A bőrt érő külső hatások esetében az intenzitás fokozódásával viszonylag hamar átmehet az adiafor ingerhatás — káros hatásba; természetesen kényelmetlen volna az elnevezést az átmenetnél azonnal megváltoztatni, s a külső hatást, mely csak intenzitásában változott, most már nem „ingernek”, hanem valami másnak (pl. egyszerűen „káros hatásnak”) nevezni. Mégis tudatában kell lenni annak, hogy a „káros inger” valójában ártalom (ugyanúgy, mint a törzsúrás, melyet az 5. fejezetben példának felhozunk) és nem igazi inger. Mindenesetre a fájdalom közvetlen ingere viszonylag intenzív inger — de még így is önmagában nem károsító hatás. Egyébként hamarosan látni fogjuk, hogy a „fájdalom”, melyet ez az inger kivált, nem is egyszerűen „érzéket”.

A tipikus fájdalomreakció, úgy ahogyan az az emlősöknél és madaraknál az emberével meglehetősen analóg módon megmutatkozik, minden jel szerint elég későn jelenik meg a törzsfejlődésben. Már a múlt században nagyon ésszerűen tették fel a kérdést: „szabad-e az állatok reakcióiból fájdalomérzések jelenlétére következtetni?” (NORMAN, W. W., 1897.) A század elején komoly vita folyt arról, hogy mennyire ősi reakció a fájdalom, illetve a szervezet különleges viselkedésbeli és fiziológiai reakciója a káros hatásra. Ma is egyetérthetünk ZIEGLERrel, aki idestova 50 évvel ezelőtt már úgy vélte, hogy a gerincteleneknél fájdalom nem tételezhető fel — nemcsak azért, mert a jellegzetes viselkedésbeli jegyek hiányoznak, hanem mert testfelületükön nem található a szabad idegvégződés, melyekben már ZIEGLER a fájdalomérzékelés alapját látta — éspedig olyan szabad idegvégződés, melyeknek sejttesteit távolabbi gerincagyi vagy cerebrális ganglionokban helyezkednek el. A csak primer

érzéksejtekkel és azok nyúlványaival ellátott bőrfelület a gerinc-teleneknél ZIEGLER szerint nem teszi lehetővé a fájdalomreakciót. Sőt még a halaknál és kétéltűeknél is nagyon kétesnek tartja a fájdalom létezését (ZIEGLER, H. E., 1924). A kérdést ma némileg másképp tesszük fel. Annyi bizonyítottnak látszik – s számunkra elsősorban ez fontos –, hogy olyan jellegű neurális szerkezet, mely a fájdalomreakciót – a paradox adiafor determinációt – megalapozza, csak a gerinceseknél alakul ki. Sőt ezeknél is a csupasz idegvégződések eredetileg feltehetően csupán a tapintást szolgálták, majd később alakult úgy, hogy egy különleges ingerlési minta a különböző nagyságrendű rostokban (erről közelebbit lásd MELZACK és WALL, 1965) – ugyancsak különleges kódolás folytán – a fájdalom kiváltójává vált.

#### **34. Az adiafor determináció paradox alkalmazásának tükröződése az élményjellegben**

A káros hatás által felidézett fájdalmat eddig mint egyfajta érzékletet kezeltük. Bizonyos alapunk volt rá. A többi érzékeléssel való analógia felismerhető: a belső és külső – ezúttal káros – hatások bizonyos sokféleségéhez, azok helye, intenzitása (súlyossága) és némileg minősége szerint itt is hozzárendelődik a reprezentatív központi idegrendszeri történések sokfélesége. Vagyis: „információt” kapunk a káros hatásokról – ami mindig valamilyen érzékelés alapja. Az információs viszony ezúttal mindenestre meglehetősen tökéletlen: a károsodás helyének, súlyosságának és sajátos jellegének variációját csak pontatlanul követi a fájdalom lokalizációja, intenzitása és sajátos jellege.

Már a „saját” állapot vagy belső folyamat érzékelésénél (a proprio- és interocepcionál) kifejtettük, hogy az adiafor determináció alkalmazása az idegrendszer közvetítésével nem szükségszerű – csak a fejlődés számára mintegy felkínálkozó – megoldás; a fájdalomérzékelés esetén ez az alkalmazás már egyenesen paradox, mert *az adiafor hatás az ártalomnak nem előzményeként, hanem folyományaként jelenik meg.* A proprio- és interocepció tárgyalásánál rámutattunk, hogy a pszichikus jelleg háttérbe szorul, sőt gyakran eltűnik, mert a belső integráció, a saját álla-



potokhoz és belső folyamatokhoz való igazodás reflex módon mehet végbe, vagyis a kapcsolódásnak az a „szabadsága” (reprezentatív idegrendszer történése és cselekvés között), mely a pszichikus jelenség alapfeltétele, átmenetileg vagy tartósan kieshet. Ez éppen az adiafor determináció nem szükségszerű felhasználásával függ össze. A pszichikus jelleg a fájdalom esetében ugyancsak egy még nagyobb mérvű, bár egészen másfajta metamorfózison megy át – mint látni fogjuk, éppen a paradox alkalmazás következményeként.

Mindenekelőtt megállapíthatjuk, hogy a fájdalomérzéket (nevezük egyelőre még így) ugyanúgy, mint minden veszélytörténést jelző érzéket, feltétlen cselekvéskiváltó, vagyis *motivum jellegű*, ahogyan azt a 31. fejezetben leírtuk. Tehát mindenképpen valamilyen cselekvést idéz fel: vagy valamilyen specifikus védekezést (a károsító kontaktus megszakítását, a testrész vagy végtag elrántását, a károsító körzetről való távozást, menekülést) vagy, ha ez nem lehetséges, a nem specifikus cselekvésformák véletlenszerű sorozatát – arra a valószínűségre fel, hogy az organizmus valamelyik által a károsodástól mentesül. Ezeknek előhívása, fenntartása, átváltása és szelektálása valószínűleg ugyanannak a központi motivációs mechanizmusnak a feladata, mely általában mindenfajta motivációnál működésbe lép, s amelynek hipotetikus szerkezetét talán MILNER adta meg legpontosabban (MILNER, P. M., 1970, 400. o.). Szükségtelen a különböző modellekre kitérnünk, minthogy a mechanizmus különleges „kivitelezése” elméletünk szempontjából nem lényeges.

Ebben a tekintetben tehát a fájdalomérzéket nem különbözik más motivációs jellegű érzéklettől, pl. az organizmus felé közeledő tárgy érzékelésétől. De két más pontot illetően a különbség rendkívül nagy. A „veszélytörténést”, melyről a fájdalomérzéket informál, különbözik az előzőktől abban, hogy *a károsodás már részben be is következett*. Ennek a súlyosbító mozzanatnak a magasabb rendű organizmusoknál különleges következménye van. Úgy tűnik: az organizmus most már nem „elégzik meg” a motivációs mechanizmus mozgósításával. Egy további általánosabb és „erélyesebb” intézkedés is történik, mely nemcsak viselkedésformák kiváltására szorítkozik – egy intézkedés, melynek eredményeként az organizmusnak úgyszólván minden működése intenzitásban

fokozódik, az érzékszervek érzékenyebbekké válnak, az idegrendszer reaktivitása nő, az izomrendszer nagyobb erő kifejtésre áll készen, sőt a vegetatív funkciók is nagyobb energiabevetéssel folynak. Tudjuk, hogy a magasabb rendű organizmusoknál külön ún. *aktivációs központ* — melynek lokusza minden jel szerint a *formatio reticularis* — áll rendelkezésre ennek a CANNON által talált „vészreakciónak” nevezett organizmikus (már nem pusztán organikus) intézkedésnek a végrehajtására. A fájdalom-érzékellet már nem egyszerűen „veszélyt” jelez, hanem „vészt” („emergency”), nem a küszöbön álló bajt, hanem a „nyakunkon levőt”, ha szabad így mondanunk; s ehhez biológiailag értelmesen különleges reakció tartozik.

Újszerű mozzanat az aktivációs mechanizmus működésében az, hogy nemcsak az animalikus rendszereket (az ideg- és izomrendszert) érinti, hanem kiterjed a vegetatív rendszerekre is. Eddig nem talákoztunk azzal, hogy adiafor hatások vegetatív jellegű változásokat (leglátványosabban a szív és a véredényrendszer működésében) idéztek volna fel. Az adiafor determinációs skémában — annak ősi biológiai funkciója szerint — csak adiafor hatás, idegrendszeri történések és izomműködés szerepel. Nyilvánvaló azonban, hogy a „rendkívüli állapotban” („emergency state”), melyben az ideg- és izomrendszernek gyors, nagy erejű és hatékony működést kell kifejteni, vagy ilyenre készen kell állnia, az ahhoz szükséges vegetatív feltételeket (elsősorban a fokozott vér-ellátást) is meg kell teremteni. Mindez — a *formatio reticularis*-ből kiindulva — lehetőségessé válik annak az „autonóm” idegrendszeri részlegnek a közvetítésével, melynek eredeti feladata, amint arra már rámutattunk, a vegetatív életfolyamatok összehangolása. Ez egyben azt is dokumentálja, hogy a szóban forgó idegrendszeri részleg nem igazán „autonóm”.

De a vegetatív rendszer mozgósításának más jelentősége is van. S itt érkezünk el a második ponthoz, amelyen a fájdalomérzékellet minden más érzéklettől különbözik. A károsodás — függetlenül attól a „hírvivő” folyamatától, mely leágazik róla — az organizmus legősibb integrációs elvének megfelelően (melynek semmi köze az adiafor determinációhoz) regeneratív fiziológiai folyamatokat hív elő. A vegetatív rendszerek mozgósítása (pl. éppen a fokozott vér-ellátás) a károsodás reverziójának is „jól jön”. A vegetatív

rendszerek mozgósításában is együtt hat egyrészt egy nem specifikus aktivációs és egy specifikus regeneratív komponens. Nagyobb fájdalomnál e hatások eredőjeként a vegetatív rendszerek messze-menő és mélyreható felbolygatása következik be.

Amióta a pszichológiában a fájdalomérzékllettel foglalkoznak, vita folyik arról, hogy itt igazi érzékletről van-e szó, vagy pedig – igazi fájdalomról, mely a pszichikus jelenségek egy más, élményjellegében jól elkülöníthető csoportjába, az érzelmek, affektusok, emóciók körébe tartozik (az elnevezések sokféleségére hamarosan visszatérünk). Eddigi fejtegetéseinkben is gyakran csak „fájdalmat” mondtunk fájdalomérzékllet helyett. Egyes pszichológusok éppen ezért el akarták kerülni a megjelölésben is „a fájdalom” szót, és – különösen v. FREY nevezetes kísérletei nyomán – „szúrásérzékletről” („Stichempfindung”) beszéltek (pl. EBBINGHAUS). A megjelölés nem vált be – annyira nyilvánvaló volt ugyanis, hogy fájdalomérzéklletet minden másfajta inger kiválthat, ha intenzitásban a „károsodási küszöböt” túllépi. Mindenesetre ezek a viták nem hagynak kétséget afelől, hogy a fájdalomérzéklletnek különleges, a többi érzéklletől eltérő pszichikus jellege van. És ez az eltérés radikális: nagyobb és más jellegű, mint az eltérés pl. látás és hallás között.

Miről lehet itt szó? A magyarázatért vissza kell mennünk az információfogalomhoz, s rá kell eszmélnünk bizonyos alapvető sajátosságára. Ezt a sajátosságot röviden így adhatjuk meg: *az információnak nincs megkövetelt önjellege*; alapja csupán: bizonyos jel-sokféleség hozzárendeléses viszonya egy másik sokféleséghez. Hogy a jelek önmagukban milyen természetűek, az információ szempontjából nem számít. Elképzelhető, hogy más égitesteken lakó élőlényeknek is van olyan érzékszervük, amellyel a külvilágot – fény közvetítésével – érzékelik, de náluk a fényinger nem idegimpulzusokba, hanem valamilyen másfajta fiziko-kémiai folyamatba tevődik át. Információelméletileg ők – ennek ellenére – ugyanúgy „látnák” a külvilágot, mint mi a szemünkkel – mert *a jelek öntermészete nem számít, csak sokféleségük viszonya egy másik sokféleséghez*. Mégis valamit mondhatunk erről az „öntermészetről” – valamit, amire csak azért nem utalnak, mert magától értetődő. De nem magától értetődő a mi elméletünk fényében. A jelek, melyek az információ hordozói – akár ideg-

impulzusok, akár másfajta történések – nem lehetnek olyanok, amelyek rongálják vagy elpusztítják a rendszert, melynek működését szolgálják – akár a földön, akár más égitesten lakó „organizmusokról”, akár az ilyen organizmusok által készített gépekről van szó. Ez ugyanis végül veszélyeztetné vagy lehetetlenné tenné információs teljesítményük alapjait is: sokféleségük megfelelő viszonyát egy másik sokféleséghez. Ez történik pl., amikor a lemezjátszó elektromos jelei túl erősek („károsak”), vagy valamilyen szerkezeti hiba csúszik be, és a készülék „begerjed” – az információ megsemmisül. Vagy: a foglyot „informálhatja” felesége egy meghatározott eseményről úgy, hogy vagy tesz cukrot a beküldött kávéba, vagy nem (hogy ASHBY egy példáját vegyük) – de úgy nem, hogy vagy mérget tesz a kávéjába, vagy semmit.

Az utóbbi példa abszurdnak látszik, mert végletes – de jól átvezet annak a metamorfózisnak a megértéséhez, amelyre korábban utaltunk, s amelyen az információ a fájdalomérzékelés esetében átmegy. A fájdalomérzékelés ilyen *rendhagyó információvá* alakul át. Az alapjául szolgáló reprezentatív idegrendszeri történet nem úgy „viselkedik”, mint az igazi közömbös információ vagy egy normál „életfolyamat” (mint más idegrendszeri történet), hanem úgy, mint valami „rossz”, valami „elviselhetetlen”, valami „kiküszöbölendő” – vagyis, *mint maga a károsodás*, melyről informál. *Az ártalomról szóló információ maga is úgy jelenik meg, mint az ártalom*, mintegy hozzá hasonul az ártalomhoz – *flagrális ellentmondásban az adiafor eredettel*. Feltehetően ugyanerre gondol MELZACK, amikor azt mondja: „Mindenki, aki már szenvedett hosszan tartó, súlyos fájdalomtól, végül is úgy tekinti azt, mint valami bajt („evil”), büntetésszámba menő csapást, mely önmagában ártalmas” (MELZACK a nehezen lefordítható, de elgondolásonkat még jobban tükröző angol kifejezést használja: „punishing affliction which is harmful in its own right”). Hozzátehetjük: nemcsak a hosszan tartó, hanem minden fájdalomra áll ez. MELZACK éppen az információs jelleggel való szembeállításban utal erre, s mindjárt hozzá is fűzi: „Mégis mindenki felismeri a fájdalom pozitív aspektusát is. Figyelmeztet arra, hogy valami biológiailag káros dolog történt” (MELZACK, R., 1961, 299. o.). Íme a fájdalomérzékelés különleges pszichikus jellegének a titka.

A különleges pszichikus jelleg megjelölésére leggyakrabban használt szavak: érzelmi, affektív, emocionális. A három kifejezés világosan árulkodik arról, hogy a nyelvi megjelölés kialakulásánál milyen mozzanatok önkénytelen felismerése lehetett döntő. Az „érzelmi” (érzelem, „Gefühl”, „feeling”, „sentiment”) még implikálja az érzékeléssel való rokonságot (érezkelni-érezni közös szótöbblől származnak: „ér”, hozzáér, tapint; ugyanígy a német „fühlen” és az angol „feel” jelentése „érezni” és ugyanakkor „tapintani”; ilyen kettős jelentésű a latin „sentio” is). Az „emóció” szóban erősen kifejezésre jut a motívumjelleg, a cselekvésre készítés (emoveo: kimozdulok – az adott helyzetből, arra a lehetőségre fel, hogy az új helyzetben mentesülök az ártalomtól, illetve az ártalmat „megjátsszó” információtól). A legmegfelelőbb kifejezés – úgy véljük – az „affektív”, mert éppen a paradox jellegre tapint rá: nemcsak információt kapunk, hanem „afficiálva”, érintve, „bántva” vagyunk az információ által. Ezzel valóban nemcsak egy újfajta, az információn túlmenő pszichikus jelleg, hanem *egy újfajta pszichikus dimenzió* születik meg, melynek fejlődéstörténeti távlatai, mint látni fogjuk, óriásiak. A testi fájdalomérzékellet ennek a fejlődésnek a kiindulópontja.

A különleges affektív jellegnek megfelelően fel kell tételeznünk, hogy a fájdalomélmény alapját képező reprezentatív idegrendszeri folyamat is alapvetően más, mint a közönséges érzékelés esetében. Anatómiai lokusza valószínűleg nem csupán az agykéreg szenzoros aréája. Megint idézhetjük MELZACKOT: „A fájdalomélmény emocionális minősége és az a különleges képessége, hogy mint belső készítés (»drive«) hat, annyira különbözik az érintéstől, a melegtől és hidegtől, hogy pszichológiai és neurális alapjának megmagyarázásához több szükséges, mint az, hogy idegimpulzusok különböző mintái érkeznek az agy magasabb szenzoros aréiba. Arra következtethetünk, hogy az agy más, jól elkülöníthető és különböző részei is részt vesznek az össztörténésben – a szenzoros aréán kívül” (MELZACK, R., 1961, 306. o.). A lokalizáció kérdésére még visszatérünk.

### 35. Az „elviselhetetlen” információ biológiai jelentősége és fejlődéstörténeti távlatai

Az éppen leírt alakulás biológiai jelentősége nem látható be minden további nélkül. Az ártalomról szóló információ mind a motivációs, mind az aktivációs mechanizmust beindíthatja — anélkül, hogy maga is felvenné a károsnak, a biológiailag relevánsnak a szerepét. Nem szükséges, hogy önmagában is „elviselhetetlen” legyen; nincs szükség arra, hogy külön, őt magát kiiktató, megszüntető viselkedésre késztesen, hiszen magának az ártalomnak a kiiktatása — egyúttal a róla szóló információ megszüntetése is. Ne felejtsük el: az ártalom „információ” nélkül is — az organizmus ősi szerkezete alapján — előhívja a regenerációt; az információ által kiváltott intézkedések (a motivációs és a „vészreakció”) csak segítő, auxiliáris jellegűek (még ha adott esetben segítségük nélkül a regeneráció sikertelen maradna is). Mi a jelentősége vagy további teljesítménye tehát annak, hogy az ártalomról hírt vivő információ nyomán nemcsak az agy valamely magasabb szenzoros aréjában, hanem „más, jól elkülöníthető részeiben” is történik valami, ami feltehetően megveti az affektív élménynek, az „elviselhetetlen” információnak idegrendszeri alapját?

Ide kívánczik mint tudománytörténeti érdekesség annak a már korábban említett vitának egy pontja, mely a század eleji állatpszichológusok körében a fájdalomról folyt. Egyesek úgy gondolták, a fájdalom nagyon ősi reakció, s már a primitív többséjtűek is mind fájdalomérzékenyek (PLATE, Z., 1923). Mások viszont úgy vélték, az állati fájdalom értelmetlen jelenség volna, az egész élő világot egyfajta siralom völgyévé tenné („eine Insel des Jammers und der Qual”), hiszen az állatok nagyrészt külső erőszak és súlyos sérülések által pusztulnak el, és értelmetlennek tűnt, hogy „szenvedve” pusztuljanak el. Ez az antropomorf és humanitárius szemlélet elméleti elgondolásaink fényében nincs is messze az igazságtól — legalábbis, ami az értelmetlenséget illeti. S mint látni fogjuk, nagyjából elfogadhatjuk ZIEGLER állítását, mely szerint „az ember, aki a legmagasabb rendű értelemmel rendelkezik, éri el a fájdalomérzékenység legmagasabb fokát is” (ZIEGLER, H. E., 1924, 47. o.). A két fejlődési vonal — az „érte-

lemé” és a fájdalomérzékenységé — mélyebben összefügg egymással, mint első pillanatban hinnők.

A fenti idézet felhívja figyelmünket arra, hogy az ártalomról szóló információ különös metamorfózisának titkát talán fejlődési lehetőségeiben kell keresnünk. Gondoljuk át még egyszer: a cselekvés, úgy ahogyan azt kiinduló példánkban demonstráltuk, alapvetően megelőző jellegű; adiafor hatások váltják ki, még mielőtt bármilyen káros hatás — az  $\eta$ -változók kikerülése az optimális tartományból — bekövetkeznék. Az a cselekvés, melyet a káros hatás, illetve az arról kapott információ hív elő, csak részben megelőző jellegű (a további károsodást elhárítja), nagyobb részben regeneratív (segít a már elszenvedett kár regenerációjának). Az előző fejezetben azt mondtuk, hogy az ilyen cselekvés kiváltásánál az organizmus már nem „elégedhet meg” a motivációs mechanizmus mozgósításával, „erélyesebb” intézkedésre van szükség, mert már nem „veszélyről”, hanem „vészről” van szó; ez az „erélyesebb” intézkedés az aktiváció („vészreakció” formájában). Ez, ahogyan fent megmagyaráztuk, a cselekvés eredményességét, a biológiai sürgősségnek megfelelő gyorsaságot és fokozott energiabevetést szolgálja. De a veszélyhelyzet néha csak kevésbé különbözik a „vészhelyzettől” (amikor a „baj” már bekövetkezett), és pedig amikor a veszély nagyon közeli és imminens, pl. amikor az állat üldözőjét közléről megpillantja. És itt következik be a fejlődés első lépése: *az információ affektívvé válik — a magasabb rendű állatoknál — már akkor is, ha a tényleges károsodás még nem következett be, de nagyon közeli*, és az információ az akut veszélyhelyzetről szól. Ez az ismert *félelemreakció*. Minden fiziológiai és viselkedésbeli jegy arra utal, hogy pl. a patkány reakciója a macska megpillantásakor emocionális jellegű. Az is plauzibilis, hogy ez a reakció az elvárható súlyos károsodással függ össze, melyet a macska okozhat. Az állat „élményéről” nem spekulálhatunk, de az ember félelme — akut veszélyhelyzetben — jellegzetesen negatív, fájdalomserű érzelem, melynek elhárítására éppúgy törekszünk, mint a testi fájdaloméra.

A félelem megjelenése lényegében azt jelenti, hogy *az állat anticipálja a „vészreakciót”, s úgy viselkedik, mintha az — egyelőre csak fenyegető — károsodás már be is következett volna*. Ezzel *a megelőző cselekvés is újfajta és nagyobb nyomatékot kap*: az

organizmus – főként az aktivációs mechanizmus közvetítésével – mint egész intézkedik, „minden erőt bevet” a veszély elhárítására. Talán jobban érzékeltetjük a fordulat jelentőségét a képletes leírással: *az információ által kiváltott és vezérelt viselkedés, mely alapvetően „megelőző”, a tényleges károsodásnak elébeugró intézkedés, mintegy magára ölti egy még ősbibb, minden élőlénynél – növénynél és állatnál egyaránt – törvényszerű, sőt az élő organikus szerkezet egyik lényegi reakciójának, a regenerációnak a jellegét.* Természetesen nem folyhat le valódi regeneráció, ha nincs mit regenerálni (mert még nincs károsodás), de az igazi helyett egy „álkárosodás” lép fel: a veszélyről való információ, mely mintegy „megjátssza” a károsodást, az „elviselhetetlent”. A testi károsodás esetében az „elviselhetetlen információ” bizonyos értelemben felesleges (mert van egy igazi, elviselhetetlen „tény”), de az emocionálisan hangsúlyozott megelőző cselekvés determinációjában értelmet nyer: hatására a cselekvés a tényleges károsodásnál megjelenő nagy erősségű, energizált intézkedés mintájára szerveződik meg, ami biztosítja átütő erejét és eredményességét.

Az elővételezett affektív jelleg más formában is már korán jelentkezik. Bizonyos érzékletnek ún. *érzelmi színezetük* van: a keserű íz vagy a rothadás szaga kellemetlen. Az állatok averzív viselkedése hasonló ingerekkel szemben arra a lehetőségre mutat, hogy az érzéklet náluk is affektív színezetű. Bár sokat vitatkoztak afelől, hogy ez a színezet összefüggésben van-e az illető ingereket szolgáltató anyagok ártalmasságával, nem kétséges, hogy nagy általánosságban a szóban forgó anyagok valóban ártalmasak, s különösen az ízérezékelésnél közeli az a veszély, hogy a már szájban levő anyag továbbbítódik az emésztő traktusba. A száj az utolsó „ellenőrző” állomás a tápanyagok kiválasztásánál. Bár a félelem egészen más jellegű negatív érzelmi élmény, mint pl. a rothadás szaga által keltett kellemetlen érzés, mégis ugyanolyan típusú alakulás eredménye. A kettőt MILNER is párhuzamba állítja (MILNER, P. M., 1970, 298. o.). Az érzékletek érzelmi színezetének kérdésére a következő fejezetekben még visszatérünk.

A megelőző cselekvés emocionálissá válása ugyancsak szembe-tűnő a belső veszélytörténeknél, melyekről a 29. fejezetben



beszéltünk. Nagy nyomatékkal mutattunk rá ott, hogy az éhség-szomjúság és más szükségállapotok már jóval a tényleges károsodás előtt fellépnek, és a megelőző cselekvést előhívják. Most ez kiegészítjük: a semleges információk itt is hamarosan magukra öltik az „álkárosodás”, az „elviselhetetlen információ” jellegét, s az élmény affektív válik. A cselekvés erő kifejtése az anticipált emocionális reakció következményeként fokozódik, amint a belső veszélytörténés a károsodási határ felé tart. Tulajdonképpen ez a cselekvés ún. dinamikájának az alapja, és ahogyan erre már az említett fejezetben rámutattunk, ebből nőtt ki a belső készítés, a „drive” fogalma. Nagy általánosságban mondhatjuk: *minden motívum – vagyis a külső vagy belső veszélytörténésről szóló információ – emocionálissá, az élmény pedig affektívá, „elviselhetlenné” válhatik, még mielőtt a történés a károsodási zónát ténylegesen elérné.*

Egyébként arról, hogy az affektív reakció anticipálása, „előbbrehozatala” a tényleges károsodási helyzetről az akut veszélyhelyzetre, hogyan mehetett végbe a törzsféjlődés során, némi képet alkothatunk annak a kísérletileg könnyen előállítható jelenségnek alapján, mely „kondicionált emocionális reakció” néven ismert. A fehér patkány, miután a kísérleti ketrec padlóján állva néhány ízben elektromos áramütést kapott, melytől megfelelő viselkedéssel mentesült, félelemreakciót mutat, már amikor a ketrec közelébe viszik s azt megpillantja; az emocionális reakció – beleértve a vegetatív rendszerek mozgósítását – előre kapcsolódott a jelző ingerekhez. Szükségtelen az idevágó széles körű kutatásra kitérnünk. Ugyancsak averzív viselkedés kapcsolható ízérzékletekhez, ahogyan ezt GARCIA és munkatársai újabban érdekes kísérletekben kimutatták (GARCIA, J., KIMELDORF, D. J. és KOELLING, R. A., 1955; GARCIA, J., ERVIN, F. R., YORKE, C. H. és KOELLING, R. A., 1967). A különleges problematikára, melyet e kísérletek eredményei felszínre hoztak – pl. arra, hogy utólagos toxicosissal sikerült az állatot averzív tenni a saccharin ízével szemben, de pl. utólagos áramütéssel nem – itt nem térhetünk ki. Szigorú értelemben természetesen mindez nem „bizonyítja”, hogy az állatnál is ilyen esetekben a mi félelmünkhöz vagy undorérzésünkhöz hasonló élmény lép fel, de úgy véljük, e feltevéssel nem sokkal nagyobb kockázatot vállalunk, mint pl. akkor, amikor feltételezzük, hogy az

állat „látja” a tárgyat, melyet elkerül (miután megállapítottuk, hogy a fényen kívül semmilyen más inger nem közvetíthetett, és az állat látóapparátusa funkcióképes).

Az emocionális reakció előrekapcsolódása a károsodás közelségét jelző információhoz nagy arányokban továbbfolytatódik az embernél, és — mondhatjuk — meg sem áll valamilyen végső határnál. Mindjárt látni fogjuk, hogy ez mit jelent. Az embernél nemcsak a „primer” félelemmel találkozunk, mely a testi károsodás közvetlen közelségéről szóló információra fellép (pl. amikor váratlanul egy sebesen felénk közeledő jármű bukkan fel a közelben). Az akut veszélyhelyzeten túl már attól is félhetünk, hogy az akut veszélyhelyzet bekövetkezhet, pl. félünk a sötétben, nyilván mert csökkent a lehetősége annak, hogy kellő időben információt kapjunk a veszélyhelyzetről. Sőt a „veszély” fogalmi köre messzemenően kitágulhat. Nemcsak a testi károsodástól (a közelitől vagy a távolitól) félhetünk, hanem egyáltalában minden kedvezőtlen helyzetől. „A kedvezőtlen” helyzetek, pl. elvesztettük a pénztárcánkat, nem sikerült valamilyen próbálkozásunk, felmondták az állásunkat és hasonlók, még nagyon messze vannak attól, hogy azok következtében testi károsodás érje az organizmust (pl. ténylegesen éhezünk), mégis nagyon erős affektív élmény okozói lehetnek (gondoljunk a „tárgyvesztésre”, a kudarcélményre, a frusztrációra és hasonlókra, melyeknél az affektív hatás már a patológikusba mehet át, és dezorganizálhatja a cselekvést). Külön könyvet kellene írunk, ha csak fel akarnánk sorolni a negatív (fájdalomszerű) élmények sokféleségét, melyekkel kapcsolatban legfeljebb csak az mutatható ki, hogy valami távoli, esetleg csak valószínű közük lehet élethelyzetünk romlásához; sokszor e romlásnak csak az elvi lehetőségét jelzik. Mindezeket, ha bekövetkezésük közeli, továbbmenően megelőzhetik szekundér félelmek. Mikor a tudós munkáját írja, szoronghat, mert arra gondol, hogy valamiről az egyre jobban halmozódó tényanyagból nem tud, elmulasztott valamit elolvasni, ami gondolatmenetét felboríthatja. Hogy a tudományos munka sikertelenségétől való „félelem” milyen messze került az őseredetétől, a testi károsodásra vonatkozó félelemtől, szinte már beláthatatlan. Olyannyira, hogy éppen e sorok írásánál „félek”, hogy gondolatmenetemet az olvasó már nem lesz hajlandó követni és elfogadni.

Némi bizonyíték arra, hogy még a legmagasabb rendű — szinte elvont — negatív érzelmek is végső soron a testi fájdalom „leszármazottjai”, az, hogy a jellegzetes emocionális reakció, főként a vegetatív rendszerek felbolygatása, ha redukált arányokban is, valamennyinél kimutatható. Az ún. hazugság-leplező készülék éppen arra a feltételezésre épül, hogy még egy ártatlan hazugság is (pl. amikor a készülék működését hallgatóknak az órán bemutatják), kis kellemetlenség vagy kényelmetlenségérzéssel jár, mely befolyással van a galvanikus bőrreakcióra, a respiratorikus működésre, a vérnyomásra, és mindarra, amit a poligráf regisztrál. (A pszichológusok többsége nem fogadja el azt a magyarázatot, hogy csak valamilyen fokozott aktivitás — mely a hazudáshoz állítólag szükséges — okozza a vegetatív mutatók változását: a hazugság okozta légzési szimptomákat már kezdettől — **BENUSSI, V., 1914** — az érzelmi reakcióknak tulajdonítják.)

### **36. A kedvező hatás szerepe a cselekvés determinációjában.**

#### **A pozitív érzelmek**

Mint hogy a különös metamorfózist, melynek titkát az előző fejezetben kerestük, „mintának” fogjuk venni, lényegét röviden még egyszer felvázoljuk: az ártalomról szóló információ — alapjellegének ellentmondva — felveszi a károsnak, a biológiailag relevánsnak a szerepét, és úgy „viselkedik”, mintha maga is ártalom volna — önküiktatásos (mintegy regenerációs) viselkedésre késztet, és élményszerűen mint „elviselhetetlen” hat. Megkíséreltük kimutatni, hogy ennek magyarázata fejlődési távlataiban van: a cselekvésnek — nemcsak az ártalom által előhívott cselekvésformáknak — általános *emocionálissá válásához és a cselekvés energizálásának egy új és hatékonyabb rendszeréhez vezet el.* De van a fejlődésnek egy másik vonala, amely analóg metamorfózisból indul ki, és amelynek jelentősége talán még nagyobb. Ennek megmagyarázásához egy kis kerülő utat kell tennünk.

Az emocionális reakciók és az affektív élményformák tárgyalása eddig egyoldalú volt. Mi köze lehet mindannak, amit eddig kifejtettünk, az érzelmek ama másik óriási sokféleségéhez, melyek

„örömteljesek”, kellemesek, s amelyek legalább annyira pregnáns élmények, mint a fájdalom? Tárgyalási módunk egyoldalúsága azonban nem volt ötletszerű. Összefügg azzal a ténnyel, hogy a káros hatásnak (állapotnak, folyamatnak) — legalábbis elméletileg — nincs teljes értékű megfelelője a pozitív oldalon. Már az első fejezetben megállapítottuk, hogy kedvező hatás értelemszerűen csak akkor érheti az organizmust, ha az  $\eta$ -változók (illetve közülük néhány vagy egy) már kikerültek az optimális tartományból; más esetben a kedvező hatás tárgyitalan. A „kedvező” — ha az  $\eta$ -változók eltolódásával definiáljuk — a „kedvezőtlen” függvénye. A kedvezőtlen hatásnak ehhez hasonló vagy analóg feltétele nincs. Ezzel függ össze a következő: a kedvezőtlen (káros) hatásról kapott információ biológiai jelentősége eleve világos volt, éspedig 1. olyan cselekvés előhívása, mely a további károsodásnak elébe-vág vagy segít a regenerációnak (kedvezőbb feltételeket teremt számára). 2. nem specifikus „vészreakció” kiváltása, mely az organizmus egészét mozgósítja. Feltehetjük a parallel kérdést: milyen biológiai jelentősége lehet a „kedvező” hatásról szóló információnak (ha ilyen egyáltalában van)? Van szükség valamilyen cselekvésre vagy intézkedésre, melyet ez az információ előhívhat? Kissé parlagiasan így fogalmazhatjuk: amennyiben az organizmust valamilyen kedvező hatás éri, ezt elfogadja — de „tennie” nem kell semmit. Pusztán analógia alapján így okoskodhatna valaki: a káros hatásról szóló információ olyan cselekvést hív elő, mely a káros hatás folytatódását megakadályozza, illetve csökkenését vagy megszűnését elősegíti — a kedvező hatásról szóló információ olyan cselekvést hívhat elő, mely a hatás folytatódását biztosítja vagy erősödését elősegíti. De az analógia mögött nincs biológiai fedezet: a kedvező hatás folytatódása bizonyos időn túl nem okvetlenül továbbra is kedvező vagy szükséges (pl. ha az  $\eta$ -változók már visszakerültek az optimális tartományba), s az sem természetes, hogy a hatás kedvező marad, ha erőssége fokozódik.

Eddig csak azt tettük plauzibilissé, hogy a kedvező hatás általános jelentősége nem lehet — valamilyen cselekvés előhívása. De kérdésfeltevésünkben a cselekvés mellett az „intézkedés” is szerepel — ami nem okvetlenül cselekvésszerű. S most gondoljuk meg: adott esetben a kedvező hatás (állapot, folyamat) *bizonyos*

*cselekvés eredményeként* áll elő, pl. az állat megfelelő lokomócióva (az útvészőben) vagy manipulációval (fogantyú lenyomásával) enni-  
valóhoz jut. Ez esetben az állat nem egyszerűen a kedvező esemény  
bekövetkezéséről kap információt, hanem *visszajelentést kap*  
*cselekvése kedvező eredményéről*. Lehet-e valamilyen jelentősége  
ennek a visszajelentésnek? A kérdést csak a gondolatmenet logi-  
kája kedvéért tettük fel, hiszen a választ tudjuk: a kedvező ered-  
ményről való visszajelentés *megerősíti azt a kapcsolatot a külső és*  
*belső környezetről kapott információk és a motoros reakciók*  
*között, melynek alapján a sikeres cselekvés kiváltódott és lefolyt*.  
Vagyis legközelebbi alkalommal, amikor ugyanazok a szenzoros  
információk megjelennek, nagyobb valószínűsége lesz annak,  
hogy az illető cselekvést előhívják. Más esetben a cselekvésforma,  
mely sikerrel jár, spontán áll elő, nem valamilyen már meglévő  
kapcsolat alapján (mint ahogy ennek lehetőségére már korábban  
rámutattunk); ilyenkor a cselekvés sikeréről szóló információ  
felerősítheti azt a kapcsolatot, mely a szituációban nyert szenzoros  
információk és az illető cselekvés között idői találkozás alapján  
létrejön. Íme: a „nem cselekvésszerű intézkedés”, melyre fent  
utaltunk; nem cselekvésszerű, mert nem kifelé irányuló cselekvést,  
hanem csak egyfajta tartós szerkezeti változást idéz elő az ideg-  
rendszerben.

Itt találkozunk újra a megerősítő effektussal, melyről már a  
22. fejezetben szó volt. Ott csak azt próbáltuk kimutatni, hogy  
az adiafor hatásokhoz elvben mindig kapcsolódhat valamilyen  
cselekvés — éspedig, ha „kiderül”, hogy az adiafor hatások  
valamilyen biológiailag releváns eseménnyel közös kauzál-kon-  
dicionális eredetűek. Most közelebről meghatároztuk, hogy a  
„kiderülésnél” a kapcsolatot milyen hatások erősítik fel. Nyilván-  
való, hogy minden pozitív kiderülésnél ilyen kedvező hatások  
fellépnek.

Látszólag nehézséggel találkozunk, amikor konkrét elképze-  
léseket akarunk kialakítani arról, hogyan érvényesülhet a kedvező  
hatás (változás, állapot, folyamat) megerősítő hatékonysága.  
A káros hatás esetében könnyű volt feltételezni — amit a tények is  
messzemenően igazoltak —, hogy e hatás nemcsak bizonyos  $\eta$ -  
változók kikerülését az optimális tartományból okozta, hanem  
egy információs mellékhatást is, vagyis a hatás kiterjedt bizonyos

idegvégződésekre vagy közvetlenül bizonyos központi idegrendszeri struktúrákra, amelyek továbbmenően az emocionális és affektív reakciókat előhívták. De a „kedvező” adott esetben csak a károsnak, az  $\eta$ -változók negatív irányú eltolódásának a megszűnése; milyen mellékfolyamat ágazhat le erről a „megszűnésről”, mely aztán mint információ megerősítő hatékonysággal jár? Hozzunk egy példát, hogy világosabban lássuk, miről van szó. Az állatlélektani kísérletek egyik ismert technikája a kedvezőtlen hatás létrehozására: az áramütés; az állat a próbálkozások variábilis sora után elvégzi a cselekvést, melynek eredményeként az áramütés megszűnik; ez a cselekvés megerősítést nyer, vagyis legközelebb, ha az adott szituációban áramütés éri, az állat nagyobb valószínűséggel — mint eddig — ezt a cselekvést fogja elvégezni. A kedvező „hatás” itt nyilván az áramütés megszűnése és a jobb lehetőség megteremtése a már elszenvedett kár regenerációjára. Hogyan „ágazhat le” erről a „megszűnésről” az információs melléktörténet, melyhez — a központi idegrendszer megfelelő részlegébe érve — a megerősítő hatékonyság hozzákódolódik? A modern neurofiziológia számára ez nem problematikus. Több lehetőséget is lát a realizálásra: mindenekelőtt a hatás megszűnése éppúgy lehet „inger”, vagyis külön idegimpulzus megindítója, mint maga a hatás (off-folyamatok). Egy másik lehetőség: a hatás megszűnése adott esetben egy ellentétes folyamatot válthat ki („rebound”-effektus), melynek jelentőségét éppen a megerősítéssel kapcsolatban GRASTYÁN hangsúlyozta (GRASTYÁN E. et al., 1968). Ennek a munkának nem feladata, hogy az alapul szolgáló neurofiziológiai történések közelebbi természetéről spekuláljon, csak az ilyen alapok elvi lehetőségének vizsgálatára és elgondolásainkkal való összeegyeztethetőségére szorítkozik. Utalhatunk arra, hogy az elméleti modellek, melyek nagyon beható kutatások alapján a megerősítés realizálásának megértését — celluláris szinten — célozzák (s amelyeknek talán legjobb és kritikus ismertetését lásd KUPFERMANN, I. és PINSKER, H., 1969), nincsenek ellentétben az itt kifejtettekkel — akár a szinapszisok hatékonyságának változásaira épülő elméletekről van szó (melyek legáltalánosabban elfogadottak), akár újabb elgondolásokról, melyek az endogén módon aktív idegsejt ütemszabályozó tulajdonságait („pacemaker properties”) veszik alapul.

Még mint érdekességet megemlíthetjük, hogy felmerült olyan felfogás is (jó néhány évtizeddel azelőtt), mely szerint a káros hatások felvétele, a „nociceptio” mellett ún. „beneceptio” is léteznék, mely a kedvező hatásokra (eseményekre, fordulatokra) reagál. Sőt e felfogás szerint ún. „neutroreceptio” is van, mely nem egyéb, mint a semleges hatások felvétele, vagyis a tulajdonképpeni szenzoros recepció (TROLAND, L. T., 1928). Hogy egy ilyen felfogás a tényállást túlságosan leegyszerűsíti, hamarosan látni fogjuk (nem is beszélve arról, hogy a szükséges neuroanatómiai struktúrák létezése eddig kimutatható nem volt).

A fentiekén kívül van egy további realizálási lehetőség is; felismeréséhez finom különbségtételre van szükség, mely felületesebb vizsgálatnál elsikkadhat. A megerősítő hatékonyság nem szükségszerűen a károsodás megszűnését (vagy enyhülését) jelző külön információ eredménye; származhat abból, hogy *a káros hatásról szóló információ megszűnik vagy redukálódik*. Ennek az információnak a megszűnéséhez (redukciójához) valamely központi idegrendszeri részlegben hozzákódolódhatik a megerősítő hatékonyság. Tudjuk, hogy ez az információ különleges; alapjellegetek ellentmondva felveszi a „károsnak” a szerepét: „elviselhetetlen információ”; pszichikus szinten: fájdalomélmény. Ennek megszűnése vagy enyhülése is lehet egyfajta „off-inger” a megerősítő hatékonyság számára. Kiemeljük a fontos mozzanatot: *a valódi károsodás helyett az „álkárosodás” megszűnése válik döntő tényezővé*.

Az éppen leírt realizálási lehetőségnek fontos szerep jut a megerősítő hatékonyság továbbfejlődésében. E fejlődés irányvonala ugyanaz, mint az emocionális cselekvésé és az affektív jellegé: *a tényleges károsodásról áttevődik a veszélyhelyzet megszűnésére*. Az utóbbinál ugyanis nincs semmiféle tényleges károsodás, csak egy a károsodást „megjátszó” információ a veszélyhelyzetről. Eleve közelekvő, hogy a megerősítő hatékonyság ellátásában fő szerepe ennek az információnak, helyesebben e különleges információ megszűnésének van.

Mindenesetre a problematika kissé másképp alakul a külső és a belső veszélytörténekeknél. Nyilvánvalóan látszik, hogy az információ megszűnik, ha az, amiről informál, megszűnik. Mégis a veszélytörténekek esetében ez nem mindig egyértelmű, s ennek

elhanyagolása jellegzetes tévedések forrásává válhat. *A veszélytörténés elhárítható úgy, hogy az mint fizikai történés zavartalanul tovább folyik.* Kiindulási példánkban, amikor a felénk közeledő tárgy pályájából kilépünk, a tárgy változatlanul tovább mozog, csak nem „veszélyes” többé; az organizmushoz való különleges viszonya megváltozott, „elkerüli” az organizmust. „A veszélytörténésről szóló információ megszűnése” – lényegében e különleges viszony megszűnéséről szóló információ. A külső veszélytörténések esetén ez világos és félreérthetetlen. A külső veszélytörténéseknél az  $\eta$ -változókkal nem történik semmi (a cselekvés rendeltetése az, hogy ne is történjék velük semmi), de a belső veszélytörténés magában az organizmusban zajlik le, és maga is, ahogyan a 29. fejezetben kifejtettük, bizonyos  $\eta$ -változók eltolódása – jóllehet még az optimális tartományon belül, de oly módon, hogy az eltolódás az optimális tartomány határai felé tart, és e határok elérése, ha csak az organizmus nem tesz valamit, szükség-szerűen bekövetkezik. De erre a veszélytörténésre is áll (ahogyan arra a 30. fejezetben ugyancsak rámutattunk) az, hogy megszűnése nem jelenti okvetlenül (bár jelentheti), hogy maga a történés *qua* történés megszűnik (megáll vagy éppen irányt változtat), hanem azt, hogy megszűnése már biztosítva van (pl. a gyomor már megtelt tápanyaggal vagy vízzel). És az erről szóló információ az, ami a veszélytörténés (vagy -helyzet) megszűnését jelzi. Ez az információ az, amely az elhárító cselekvést is lezárja – „lecsavarja” a centrális „kapcsoló egységet” – DEUTSCH fogalomrendszerében; de most hozzáfűzzük: *ugyanez az információ látja el a megerősítő funkciót*; annak a kapcsolatnak a megerősítését, mely a szituációról nyert információ és a sikeres viselkedés között már fennáll vagy létesül. Tehát a megerősítés alapját sem – éppúgy mint a kon-szummatikus cselekvés (evés, ivás stb.) leállításáét (lásd 36. fejezet) – nem láthatjuk egyszerűen valamilyen szükségállapot (még kevésbé az annak nyomán fellépő belső késztetés) redukció-jában, hanem egy információban – a történésnek mint „veszély-nek” (és nem szükségszerűen mint „történésnek”) a megszűnéséről. Az természetes, hogy amint a veszélytörténés „veszély” jellege megszűnik, megszűnik a szükségállapot, és az annak nyomán fellépő drive is, de – s ezt még egyszer hangsúlyozzuk – nem ez a megerősítés alapja.



Lényegében ugyanahhoz az elképzeléshez jutottunk el, mint DEUTSCH; mégis abban a formában, ahogy ő leírja, az elképzelés szigorúan csak bizonyos belső veszélytörténések (talán azok közül sem valamennyi) esetében alkalmazható. Szó szerint és pontokba szedve ezt mondja: „1. A primer kapcsoló egységet működésbe hozza a belső környezet valamilyen állapota, jellege („feature”). 2. Ha a primer kapcsoló egység aktív, akkor közvetlenül aktiválja a motoros rendszert („motor organization”). 3. A motoros rendszer aktivitása változást okoz a környezetben („causes the environment to vary”). 4. A környezet egyik különleges változása aktiválja az analizátort („analyzer”, amin DEUTSCH valamilyen receptorrendszert ért). 5. A működésbe hozott analizátor „lekapcsolja” („switches off”) a kapcsoló egységet.” (DEUTSCH, J. A., 1964, 34. o.) A leírás nyilván nem alkalmazható a külső veszélytörténések jelzésére mint motívumra, hiszen mindjárt az 1. pont elesik. (Hogy DEUTSCH, akinek tudományos éleslátása és körültekintése egyébként egészen kimagasló, miért nem gondolt a külső veszélytörténésekre, véleményünk szerint arra vezethető vissza, hogy az utóbbiakat általában nem kezeli motívumként a tudományos irodalomban — csak a mi elméletünk kifejtésében szerepel mint kiinduló pont.) De a belső veszélytörténések között is vannak olyanok, melyek nem illeszkednek bele pontosan a DEUTSCH által adott skémába: pl. a vizezési inger esetében némi fogalmi erőszakossággal még beszélhetünk „a belső környezet állapotáról vagy jellegéről”, de akkor sem olyan módon, mint DEUTSCH teszi; nála ez a jelleg: „a belső médium kémiai állapota” (ibid. 25. o.). Másutt így mondja: „az aktivitás elindítását bizonyos központoknak tulajdonítjuk, melyekre a testen belüli fizikai állapotok hatnak — *afferens pályák közvetítése nélkül*” (DEUTSCH, J. A., 1953. 316. o., kiemelés tőlem). Ezzel szemben minden jel szerint — legalábbis a szükséglet kezdeti stádiumában — csak a hólyag falára gyakorolt és az interoceptorokat érő hatás a döntő; erről a hatásról idegrendszeri információ érkezik a motivációs központhoz (a primer kapcsoló egységhez). Az éhségnél és szomjúságnál a hatás információs jellege, mint kifejtettük, elmosódik, mert ez a kapcsoló egység ganglionsejtjeit közvetlenül éri. De ez a változat nem

szükségszerűen alampinta, már csak azért sem, mert még az éhségnél és szomjúságnál is valószínűleg nemcsak e közvetlen hatásnak van szerepe, hanem információknak a béltraktus egyes részeiből, a gyomorból, sőt a szájból.

A cselekvés primer elindítója — akkor, amikor az organizmus a külső veszélytörténekek ellen védekezik — egy kívülről jövő adiafor hatás. Elméletünk szerint ez minden cselekvés számára mintegy „minta” a fejlődésben. „Leutánozódik” a belső veszélytörténekek elleni védekezésnél is; a központ információt kap — ugyancsak az idegrendszer közvetítésével (mely elsődlegesen a külső adiafor hatások felvételére és továbbítására képződött ki) — a veszélyről. A közvetítés mindenesetre redukálódhat a központot érő direkt hatásra. Különös módon DEUTSCH ezt a végletes változatot teszi meg alapjelenségnek. Figyelme annyira csak a belső veszélytörténekekkel kapcsolatos cselekvésekre irányul, hogy merészen általánosít, és a cselekvés kiváltásában már semmi szerepet sem tulajdonít a külső ingereknek; így jut el furcsa megállapításáig: „Az inger nem hívja elő a reakciót, hanem lezárja azt” (DEUTSCH, J. A., 1953, 305. o.).\*

\* Egyébként DEUTSCH maga tudatában van annak — és mint mulasztást említi —, hogy az elkerülő viselkedésre, amilyen a mi kiinduló példánk is, fejtegetéseiben nem tér ki. Indokolása: „Az elkerülő viselkedést (avoidance behavior) kihagytuk, mert úgy tűnik, hogy ott egy más típusú rendszer van működésben.” (DEUTSCH, J. A., 1964, 170. o.) Ezt arra alapítja, hogy a megtanult elkerülő viselkedés különösen tartós, amennyiben, jobban, mint más tanult cselekvésformák, ellenáll a kioltásnak. A cselekvés megtanulásának problémáiban ebben a munkában, minthogy különleges kérdésfeltevésünkhöz szükségtelen volt, nem mélyedtünk el, mégis abból, amit a 22. fejezetben mondunk, nagyjából magyarázatot nyer, miért áll ellen a megtanult elkerülő viselkedés a kioltásnak. A körülmények természetéből kifolyólag nehezebben „derül ki” az, hogy az információ és a biológiai releváns esemény (az „elkerülendő”) nem közös kauzál-kondicionális eredetűek többé, vagyis az információ most már nem a biológiai releváns esemény antecedensétől származik. És ez a „kiderülés” — amint kimutatni próbáltuk — mind a viselkedés megtanulásának, mind a megtanult viselkedés elhagyásának (a kioltásnak) alapfeltétele.

Még egyszer áttekintjük, amit a megerősítő effektusról megállapítottunk. Ami az effektust elsődlegesen felidézi, az a *károsodásnak*, az  $\eta$ -változók negatív eltolódásának *megszűnése*, illetve pozitív eltolódása (közeledése az optimális érték felé) — idegrendszeri közvetítéssel (esetleg információval) vagy a nélkül. De az effektus áttevődhet — 2. lépés — már a *veszélytörténet megszűnésére*, illetve az *arról szóló információra*, majd a továbbiakban — 3. lépés — a veszélytörténetnek (-szituációnak) nem mint „történetnek” („szituációnak”), hanem *mint* „veszélynek” a megszűnését jelző információra. Példa az elsődleges felidézésre: az állat megtanulja, hogy a ketrec egyik feléből, amikor annak padlójába áramot bocsátanak, kis válaszfalon át a ketrec másik felébe ugorjon, s így az áramütéstől mentesüljön. Itt a károsodás megszűnése az, ami megerősíti az információ és a megfelelő cselekvés kapcsolatát. Példa a 2. lépésre: a kutya megtanulja, hogy a vizeleti inger fellépésekor az udvarra szaladjon, s szükségletét ott elvégezze; a megerősítés itt a veszélytörténet megszűnése a micturitio során: a hólyag falára gyakorolt nyomás megszűnik. Példa a 3.-ra: a szomjas állat megtanulja a vízhez jutás módját; a megerősítő tényező itt a víznek az emésztő traktusba jutása. Ezzel a veszélytörténet — a vér koncentrációjának kedvezőtlen alakulása — mint „történet” még nem változik meg (ahhoz előbb a víznek el kell terjednie a véráramban), de mint „veszély” megszűnik.

A 2. és 3. lépés lényeges pontja: *a megerősítő effektus bekövetkezik, még mielőtt ténylegesen valami kedvező az organizmusban végbemenne*, még mielőtt az  $\eta$ -változók negatív eltolódása ténylegesen megállt vagy visszakerülésük az optimális tartományba megkezdődött volna. Hasonló alakulásnak vagyunk itt tanúi, mint a káros hatások és veszélytörténetek vizsgálatánál: *az információ a kedvező hatásról — és később a veszélyhelyzet elmúlásáról — alaptermészetének ellentmondva — átveszi a kedvezőnek, a biológiailag (pozitív értelemben) relevánsnak a szerepét, s úgy működik, mint a ténylegesen kedvező: megerősíti a kapcsolatot a pillanatnyilag adott információk és ama cselekvés között, mely az „ál-kedvező” adiafor hatáshoz, a „kedvező” információhoz vezetett.*

De ezzel az információ élmény jellege megint megváltozik: önmagában „jónak”, „kellemesnek”, „örömteljesnek” éljük át. Mi emberek szándékosan felidézzük, törekszünk megtartására vagy

megismétlésére. Ha korábban a fájdalomszerű élményeknél „elviselhetetlen” információról beszéltünk, most az ellentétjéről, a „kívánatos” információról beszélhetünk. Ez a pozitív érzelmek, az örömszerű élmények eredetének rövid vázlata.

Ennek az átalakulásnak a jelentősége is fejlődési távlataiban van, mint azt már az eddigiekből is láthatjuk. A veszélytörténésnek, akár mint történésnek, akár csak mint „veszélynek” az elmúlása még nem jelenti az  $\eta$ -változók valamilyen kedvező eltolódását, csak annyit, hogy ennek az eltolódásnak valamilyen biztosítéka már adva van (pl. a tápanyag már a gyomorban van). A fejlődés iránya itt is az, hogy az információ, mely a veszélyhelyzet tényleges kiiktatásának egyre távolabbi lehetőségét jelzi, már „kívánatos” információvá válik, és úgy „operál”, mint a tényleges „jó” – vagyis megerősíti a kapcsolatot azzal a cselekvéssel, mely őt magát felidézte (vagy amely hozzá vezetett). A cselekvés megelőző jellege az ilyen kapcsolatok kialakulásával egyre pregnansabbá válik, az organizmus egyre korábban intézkedik a veszélytörténés (-helyzet) kiiktatására. Az állatpszichológiában ezt a tényt mint *szekunder megerősítést* regisztrálják. Mindenesetre abban egyetértünk DEUTSCH-csal, hogy sok esetben már a primernek tartott megerősítés sem igazán primer (pl. az ivás), vagyis nem a szükségállapot tényleges megszűnése, hanem csak a veszélytörténés megszüntetése, esetleg csak csökkentése. De DEUTSCH, véleményünk szerint, megint túl gyorsan általánosít; van igazi primer megerősítés is: amikor az állat valamilyen cselekvése által pl. az áramütéstől mentesül, e cselekvését a károsodás tényleges megszűnése erősíti meg: primer megerősítés. A megerősítés fokozatos eltolódását a veszélytörténés tényleges megszűnésétől talán legjobban demonstrálja az útvesztő megtanulása. Ennek során a megerősítő hatékonyság a céldobozban levő enniváló elfogyasztásától fokozatosan átteődik az útelágazásokra: vagyis az  $n$ -dik útelágazásról nyert (vizuális, taktilis vagy olfaktorius) információ megerősíti azt a lokomóciós cselekvést, mely az  $(n-1)$ -dik útelágazásból az  $n$ -dikbe vezet, tehát a kapcsolatot e cselekvés és az  $(n-1)$ -dik útelágazásról nyert információ (érzéketli összkép) között. Arra, hogy az útvesztőtanulásnál a szekunder megerősítések sora hogyan alakul ki (pl. milyen sorrendben), már szükségtelen kitérnünk.

### 37. Megerősítés és emocionális hatás

Fejtegetéseink, melyekkel a negatív és pozitív affektív élmények eredetét próbáltuk megközelíteni, sajátos aszimmetriát mutatnak. Úgy tűnik, egészen más biológiai érdekek vezettek a fájdalomszerű élmények kifejlődéséhez, mint az örömszerűekéhez. Az előző lehetővé tette a cselekvés általános emocionálissá válását, energia-ellátásának és átütő ereje fokozásának új rendszerét. Így is mondhatjuk: azt a szervezési és energizálási rendszert, mellyel az organizmus a tényleges károsodás helyrehozását, a regenerációt, az öfenntartásnak ezt a legősibb aktusát végrehajtja, átvitte a megelőző cselekvésre, mely a károsodásnak elébevág. Ehhez kellett az igazi károsodás helyébe egyfajta „álkárosodásnak”, az „elviselhetetlen” információnak, a fájdalomélménynek lépnie. — A pozitív élmények kifejlődésénél egészen másról volt szó. Itt az alakulás kiindulópontja a károsodás megszűnésének az a hatékonysága, mely megerősíti vagy megteremti a kapcsolatot információ és cselekvés között — a között az információ között, melyet a károsodási szituáció nyújt egyrészt, és a cselekvés között másrészt, mely e szituációt olyan értelemben megváltoztatja, hogy a károsodás megszűnik. Ez a kapcsolat-erősítő hatékonyság tevődik át olyan helyzetekre, melyekben még nincs tényleges károsodás, tehát nem lehetséges „a károsodás megszűnése” sem — helyzetekre, melyekben nincs tényleges biológiai „jó”. Mégis az ilyen helyzetek létrehozása (vagy az ilyen helyzetekbe jutás) a megelőzés szempontjából nagyon jelentős lehet. Ilyen helyzetekben lép a tényleges biológiai „jó” helyébe egyfajta „ál-jó”, a pozitív affektív élmény, a „jótékony” vagy „kívánatos” információ, az örömelemény. Ez veszi át a kapcsolaterősítő hatékonyságot a tényleges „jótól”, melynek kritériuma szigorúan az, hogy az  $\eta$ -változók visszatérnek az optimális tartományba. Mindkét esetben az információ olyan szerepet vesz át, mely alapjellegétől — adiafor, hiperirreleváns — idegen. Ezért beszéltünk itt *paradox adiafor determinációról*.

Az aszimmetria azonban nem olyan mérvű, mint az első pillanatban látszik. Már a 22. fejezetben kifejtettük, hogy nemcsak a „kedvezőnek”, vagyis a károsodás megszűnésének, hanem magának a „károsnak” is része van a kapcsolatok kialakulásában.

Szerepe mindenesetre negatív előjelű; így mondtuk: ellenkapcsolatot teremt. Gyengíti vagy teljesen gátolja annak a kapcsolatnak a manifesztálódását, melynek alapján valamilyen károsodást felidéző vagy károsodási helyzetbe vezető cselekvés kiváltódik és végbemegy. A negatív hatékonysági irány természetesen nem zavarja — sőt konstituálja — a szimmetriát.

A szimmetria más ponton is megvalósul. Nemcsak a károsodás, hanem adott esetben a „kedvezőnek az elmaradása” is ellenkapcsolatot teremt. Ezen alapszik mindenfajta „kioltás”. Megint külön probléma az, hogy hogyan és milyen feltételek között lehet „valaminek az elmaradása” ható tényező. Ez nem azonos azzal a korábban már említett problémával, hogy hogyan lehet valaminek a „megszűnése” hatótényező. Mindebben itt nem mélyedünk el, de kényszerítőnek látjuk a következő feltételezést: valamit az organizmus anticipál abból, aminek be kellene következnie, és az, ami tényleg bekövetkezik, nem egyezik azzal, amit anticipált. Érdekes módon érvényesül ez a feltételezés pl. ANOCHIN ún. akceptor-elméletében (ANOCHIN, P. K., 1961). És még valamit, ami elvi természetű: az anticipálás alapja csak az lehet, hogy a cselekvés előzőleg rendszeresen a szóban forgó eredményt hozta létre. Nem lehet szó tehát anticipációról és valamilyen abból származó gátlásról pl. a probléma-ketrecben levő állat eredménytelen próbálkozásainál — ezek a cselekvés-változatok csak nem nyernek megerősítést, de ellenkapcsolat nem képződik. Az embernél természetesen másképp van; az ember próbálkozásainál is anticipál. Az embernél „az elvártnak elmaradása” — illetve az elvártnak és az elértnek a diszkrepanciája — nagy erejű, sokszor túlzottan nagy erejű gátló tényező; külön neve is van: frusztráció.

De bizonyos fokig helyreáll a szimmetria az emocionalitás tekintetében is. A negatív érzelmek a cselekvés energizálásának új és hatékonyabb rendszerét teremtik meg — a szervezet teljes mozgósításával, az aktivációval, a „vészreakció” részleges anticipálásával. Szükség lehet-e ilyen energizálásra a megerősítés, a kapcsolatképzés érdekében? A kérdést tudomásunk szerint így nem tették fel. Mégis a választ rá GRASTYÁN és munkatársai világosan megadták. Kísérleti eredményeik alapján úgy vélték, arra kell következtetniük, hogy „a kapcsolatképzés feltételeként említett kritikus állapotot neuronálisan extrém intenzitású izga-

lom megjelenése jellemzi” (GRASTYÁN, E., MOLNÁR, P., SZABÓ, I. és KOLTA, P., 1968, 22. o.). E nagy jelentőségű megállapítást mélyrehatóbban is explicitálják: miután ők is úgy vélik – a pszichológusok zömével egyetértésben –, hogy „a megerősítés az a valami, ami a kontiguitás mellett szükséges a tanulás létrejöttéhez” (BERLYNE, D. E. fogalmazása, 1967. 3. o.), a megerősítést frappánsan így jellemzik: „a megerősítés ... a kritikus intenzitás feletti izgalmas folyamatok kontiguitását kritikus intenzitás feletti izgalmas kontiguitásává teszi” (ibid. 22. o.).

Mi biztosíthatja ezt a neuronálisan nagy intenzitású izgalmat? Az első feltételezés, mely eddigi elméleti elgondolásaink alapján közelfekvő, az, hogy *a megerősítés* is – akár a károsodás vagy a veszélytörténés megszűnésének, akár csak az arról szóló információnak a formájában adott – éppúgy *emocionális hatású*, mint maga a károsodás vagy a veszélyhelyzet, illetve az azokról nyert információ. Tehát a megerősítésnél is valamiképpen sor kerülne az aktivációs mechanizmus mozgósítására. Ez a feltételezés a pszichológusnak azért is közelfekvő, mert két nagyon is ismert pszichológiai törvényszerűség támasztja alá: 1. intenzívebb emocionális állapotban (pl. egy katasztrófa vagy éppen valamilyen siker átélésénél) sokkal erősebb és tartósabb kapcsolatok (asszociációk) jönnek létre, mint kevésbé intenzívben (talán teljesen közömbös állapotban, az aktivációs kontinuum nullpontján, kapcsolat egyáltalában nem jön létre). Az aktiváltság magasabb fokát – a magasabb gerjesztettségi („arousal”) állapotot – a tanulási kísérletekben (verbális tanulásnál is) mint az emlékek szilárdságának legfőbb tényezőjét ismerték fel. 2. Pozitív affektív élmények, melyek feltehetően minden biológiailag kedvező esemény, illetve arról szóló információ nyomán, tehát a megerősítésnél is, fellépnek – minden fiziológiai mutató szerint – ugyanolyan jellegű emocionális hatást váltanak ki, mint a negatív affektív élmények (a különböző fájdalomérzések). Feltételezésünk a neurofiziológia nyelvén így hangzanék: *a károsodás fellépése csakúgy, mint annak megszűnése, valamint ezeknek fent felsorolt információs derivátumai – mind olyan idegrendszeri történést indítanak el, melynek szabad útja van az általános energizáló mechanizmusokhoz, elsősorban az aktivációs központhoz.*

Némileg hasonló feltételezéshez jut el GRASTYÁN is, amikor

— legalábbis bizonyos esetekben — a megerősítéshez megkívánt izgalom eredetét „a fájdalomnak azzal a kivételes tulajdonságával” magyarázza, hogy az rövid idő alatt igen nagy intenzitású izgalmat okozhat (GRASTYÁN, E., 1966). Mégis később ezt a felfogást feladja, vagy legalábbis nem tartja általános érvényűnek, és helyette a gátlás megszűnése által indukált, felszabaduló energiában látja a megkívánt magas intenzitású izgalom fő forrását. A rebound-hatás szerinte a megerősítő faktor, mindenfajta emlékenyom bevéődésének dinamikus tényezője. Indokolása többek között az, hogy a félelem lassú fájdalmi folyamatokkal is kondicionálható. De tudjuk, hogy minden fájdalom, a „lassú” és a kis intenzitású is, emocionális hatású, ami bármely fiziológiai mutatóval demonstrálható. Természetesen GRASTYÁN feltételezheti, hogy ilyen intenzitású energizálás a kapcsoláshoz nem elegendő. Túlmennénk e munka tervezett keretein, ha a kérdés neurofiziológiai problematikájába mélyebben belemennénk. Lényeges számunkra az, hogy a magas izgalmi intenzitás — akár ilyen, akár olyan okból, ilyen vagy olyan mechanizmus által áll elő — a kapcsolatképzés feltételének bizonyult. Mindenesetre egy aggályunknak a rebound-elmélettel szemben mégis hangot adunk, minthogy az elvi természetű: a „kontiguitás” kifejezés helyesen értendő — elsősorban *idő érintkezést* jelent. Nem biztos, hogy azok „a kritikus intenzitás feletti izgalmak”, melyeknek kontiguitására GRASTYÁN utal, s amelyek a magas intenzitásfokon összekapcsolódnak, lokuszaik szerint is közel vannak egymáshoz (ez már eleve valószínűtlen). A rebound következményeként előálló neuronális intenzitás-fokozódás tehát nem korlátozódhat a félbeszakadt ingerhatás helyére (pl. a hypothalamus éppen ingerelt pontjára), hanem kellően szét kell terjednie a központi idegrendszer szélesebb régióira, hogy elérje az „időbelileg koegzisztáló izgalmi patterneket” — ahogyan GRASTYÁN maga mondja. Kérdés, hogy a feedback és feed-forward mechanizmusok, amelyekre GRASTYÁN kissé elnagyoltan utal, erről gondoskodnak-e. Mi inkább hajlunk arra, hogy a rebound effektusban annak az idegimpulzusnak a megindítóját lássuk, mely, mint már korábban (az előző fejezetben) jeleztük, az ingerhatás megszűnéséről szóló információt képviseli. Viszont az aktivációs mechanizmus működésének ismert jellegzetessége éppen a nem specifikus általános hatás.



Egyébként is féltő, hogy GRASTYÁN a megerősítésnek csak azt a nem túl gyakori változatát tartja szem előtt, amely valamely inger megszűnésén vagy redukcióján (esetleg a drive-inger redukcióján) alapszik. De már előzőleg rámutattunk arra, hogy a megerősítést adott esetben egyszerűen valamilyen szenzoros információ – mindenesetre a veszélytörténés megszűnéséről vagy a kedvező hatásról – szolgáltatja, és ez maga nem valamilyen ingerhatás megszűnése. Pontosán ezt a tényt hangsúlyozza – de sajnos abszolutizálja – (DEUTSCH, J. A., 1960). Szerinte az az ingerhatás, mely a primer kapcsoló egységet „lecsavarja” („switches off”), egyúttal „megerősítő inger” – vagyis: a szituációról nyert információkhoz hozzákapcsolja azt a cselekvést, mely az illető ingerhatást produkálta vagy ahhoz vezetett.

Éppen az ilyenfajta megerősítés áll pl. PFAFFMANN vizsgálatainak középpontjában. Az állatok úgyszólván kivétel nélkül az édes ízt preferálják. Az édes íz megerősítő hatékonyságú; az állatok megtanulják a cselekvést, mellyel édes ízű ételhez jutnak. Egyik rendkívül érdekes és gondolatébresztő cikkében PFAFFMANN éppen ezt a megerősítő hatást taglalja. „Ebben a cikkben – mondja – meg akarom tárgyalni azt a javaslatomat, hogy a szenzoros ingerlés maga (per se) a nyomában fellépő központi neuronális eseményekkel együtt a megerősítés fő determinánsának tekintendő” (PFAFFMANN, C., 1960, 254. o.). Ezzel párhuzamban: ugyanúgy, ahogyan MELZACK a fájdalmat mint valami önmagában „rosszat” („evil in its own right”) jellemzi, PFAFFMANN pl. az édes ízt olyannak tekinti, amit az állat mintegy „önmagáért” keres és preferál („sweet for sweet's sake”, op. cit. 261. o.). A pozitív affektív élményeknél is előtűnik az a mozzanat, melyet úgy jellemeztünk, hogy az adiafor hatás (vagy ami ezzel elméletünk szerint azonos: „sensory input”) – alapjellegének ellentmondva – felveszi a biológiailag relevánsnak (ez esetben a „jónak”, a „kedvezőnek”) a szerepét. A metamorfózis mélyebb értelme itt is: amikor az állat az édes ízt preferálja, nagy általánosságban egyúttal olyan anyagok felvételét preferálja, melyekre szervezetének elsődrendűen és nagymértékben szüksége van. A negatív változatról, a „rossz” ízről, a „keserűről” már a 35. fejezetben beszéltünk.

PFAFFMANN a neurofiziológiai alapokat illetően is bizonyos felfogást javasol, jóllehet ezt nagyon óvatosan teszi. Úgy gon-

dolja, külön kell választani az ingerhatás affektív (hedonikus) és egyben megerősítő jellegét („the hedonic and reinforcement features of stimulation”) mind a kognitív, információs jellegtől, mind a diffúz arousal funkciótól. Az affektív-megerősítő hatékonyság kivitelezéséért felelős agyi struktúrákat keresve, ő is első-sorban az ún. limbikus rendszerre gondol. A modern neurofiziológiai kutatás egyik legnagyobb felfedezése, az intrakraniális öningerlés (OLDS, J. és MILNER, P. M., 1954) és az általa létrehozott megerősítés természetes módon az idevágó pszichológiai kutatást is mélyrehatóan befolyásolja. A jelenség egyik felfedezője, OLDS, a nagyon közelfekvő hedonisztikus felfogás híve, mely szerint a pozitív megerősítéssel járó ingerlés az állatnak egyszerűen örömet okoz (OLDS, J., 1956); az öningerlést létrehozó cselekvés preferenciája – egyszerűen örömkérés, az ingerlési pontok – örömcentrumok („pleasure centres”). Mindenesetre az öningerlés tényei másképp is értelmezhetők. GROSSMANN ugyancsak legalábbis megfontolásra és további vizsgálatra méltónak tartja azt a feltevést, hogy a hipotalamusz ventro-mediális magvai (VMH) az affektív reakció egyfajta központját alkotják (GROSSMANN, S. P., 1966).

Mind az értelmezés, mind a lokalizáció kérdése körül még sokrétű és sok tekintetben nagyon tanulságos vita folyik – ezekre már nem térhetünk ki munkánkban. Számunkra csak a következő lényeges: az információ, melynek őseredete az adiafor hatás, s amelynek alapformája valamilyen önmagában biológiailag irreleváns idegrendszeri történés, átveszi a biológiailag relevánsnak – rossznak vagy jónak – a szerepét, és pedig mind az élet fenntartása, a cselekvés eredményesebbé tétele, mint az élet fejlesztése, az adekvát kapcsolatok megerősítése vagy megteremtése, a tanulás érdekében. Ennek a – lényegében paradox – szerepvállalásnak pszichikus kifejeződése az affektív élmény: *az adiafor hatás ezután nemcsak informál, hanem „afficiál” is – ugyananúgy, mint az a káros vagy kedvező hatás, melynek eredetileg csak eléjeszaladt, hogy kiválthassa a cselekvést, mely elhárítón vagy előmozdítón azoknak elébevág.* Nem győzzük ennek az alakulásnak a furcsa, paradox jellegét, és ugyanakkor rendkívüli jelentőségét az élet fenntartása és tökéletesítése szempontjából eléggé hangsúlyozni.

Befejezésül még egy érdekes jelenségre szeretnénk utalni, mely

a fenti alakulással feltehetően összefügg. Egy percre visszatérünk GRASTYÁNNak arra a — később ugyan elvetett — feltételezésére, mely szerint olyan esetekben, amikor a károsodás megszűnése a megerősítő tényező, „a fájdalom azzal a kivételes sajátságával, hogy rövid idő alatt igen nagy intenzitású izgalmat is okozhat, helyettesíteni képes az egyébként gátlás megszűnése indukálta energiát” (GRASTYÁN E. és munkatársai, 1968, 22. o.). Mi ezt így értelmezzük: itt nincs szükség arra, hogy a károsodás megszűnéséről szóló információ külön mozgósítsa az arousal-rendszert, mert azt a károsodás (vagy az arról szóló információ) maga már megtette; az izgalmi intenzitásszint a károsodás megszűnte után még egy ideig fennmarad — a megerősítő funkció ellátásához. Talán összefüggésbe hozható ez az elméleti lehetőség azzal a régi pszichológiai megfigyeléssel, hogy a testi károsodás megszűnésével járó „öröm” intenzitásában nem hasonlítható össze azzal a fájdalommal, melyet az illető károsodás okozott. A nagy testi fájdalom megszűnésénél nem érzünk ugyanolyan nagy örömet. Az összehasonlítás természetesen tökéletlen és benyomásszerű. Mégis a következőkre gondolhatunk: az „örömré”, a „jótékony információra” ilyenkor nincs szükség — jelen van az ősi ok, a tényleges károsodás, mely még utóhatásában is elvégez mindent: a cselekvés energizálását és a kapcsolat megerősítését vagy megteremtését. Egészen más a helyzet, amikor még nincs tényleges károsodás, csak valamilyen önmagában még ártatlan előzmény (közeli vagy távoli veszély); ilyenkor az igazi jót egy „ál-jó”, az előzmény megszűnéséről szóló információ helyettesíti. Itt kezdődik az „öröm” igazi szerepe. Nincs más, ami a cselekvést energizálja és a jövő cselekvések számára megfelelő kapcsolatot teremtsen. Kolumbusz Kristóf matrózai ujjongó örömben törtek ki, amikor földet pillantottak meg; nagyon kérdéses, hogy ugyanilyen nagy „örömet” éreztek-e, amikor a partraszállás után ettek és ittak.

Ezt a spekulációt még egy kis darabon folytathatjuk. Eszerint különösen nagy szerep kell hogy jusson az „örömnék”, a „jótékony információnak” ott, ahol nemcsak tényleges károsodás, de valójában még „előzmény” (veszélytörténet) sincs. Ott, ahol a motívum nem valamilyen kívülről jövő károsodás vagy a belső környezet valamilyen kedvezőtlen alterálása (illetve azoknak valamilyen előzménye), hanem egyszerűen egy hormonhatás — mint a nem

homeosztatikus szexuális motívumnál. Ennek „le” kell „utánoznia” az igazi motívumot, a károsodást. Az így előálló „ultraalkárosodás” megszűnése valóban egészen különleges örömmérséssel (kéjérzéssel) jár — úgy látszik, csak így oldható meg, hogy az emocionális hatás, valamint a megerősítő hatékonyság biztosítva legyen. Talán ugyancsak ezzel hozható összefüggésbe a pozitív és negatív érzelmek jobb szimmetriája a magasabb rendű érzelmeknél, melyek már nagyon eltávolodtak az őseredtől — a tényleges testi károsodástól, illetve annak megszűnésétől. Mint mondtuk, a testi fájdalom intenzitásában nem hasonlítható össze azzal az „örömmel”, amelyet megszűnésénél érzünk — de pl. a veszteség feletti bánkódás nem okvetlenül intenzívebb, mint a nyereség felett érzett öröm, vagy a kudarc okozta fájdalom és a siker öröme között sincs általában intenzitásbeli emocionális különbség. Mindez egyelőre csak spekuláció, s inkább csak azt van hivatva demonstrálni, hogy elméleti elgondolásainkból milyen kitekintés nyílhat olyan speciális területek felé is, mint az érzelmek pszichológiája.

### 38. Befejezés és visszapillantás

Vizsgálatainkban a neuropszichikus információ alapformáinak eredetét igyekeztünk feltárni. Meggyőződésünk, hogy a fejlődés ezekből az alapformákból indul tovább a magasabb idegműködés és a lelki élet magasabb rendű jelenségei felé. Ezt a fejlődést már nem követjük, mert úgy véljük, a kiindulópontok eredetének kérdéséhez már nem járulna hozzá. Csak megjelöljük e fejlődés fő irányait. Az 1. főirány: *növelni azoknak a környezeti és organizmuson belüli mozzanatoknak a sokféleségét, melyhez az idegrendszeri és pszichikus reprezentációk sokfélesége megközelítően egy az egyhez viszonylatban hozzárendelődik.* Ez a főirány kétféle formában valósul meg; az egyik: a valóság ama körzetének a kiszélesedése, amelynek mozzanatairól megkülönböztethető információt nyerhetünk. Az állathoz egyre szélesebb környezet egyre távolibb pontjaiból érkeznek adiafor hatások, melyek adott esetben a biológiaiailag releváns környezeti események egyre korábbi

és egyre távolibb antecedenseitől származnak. Ez egyre hatékonyabb megelőző cselekvést tesz lehetővé. A másik forma: a már uralt környezeti területen belül *egyre finomabb különbségekhez rendelődik hozzá* — ugyancsak finoman gradált adiafor hatások közvetítésével — *különböző idegrendszeri reprezentáció*. Ez a „pszichofizikai” tökéletesedési forma érdekes módon nem az embernél éri el csúcspontját — a lemaradást az ember technikai eszközökkel hozza be. A 2. fejlődési főirány: *az információk egyre nagyobb mérvű és egyre tartósabb tárolása*. Az idetartozó idegrendszeri szerkezetek és működésformák, különösen a magasabb rendű állatoknál, rendkívül bonyolultak. Bármennyire érdekes is az, hogy az így biztosított tárolás hogyan járulhat hozzá a megelőző cselekvés determinációjának tökéletesedéséhez, tárgyalásuk már kívül esnék e könyv programján. A 3. fejlődési főirányra már korábban többször — jóllehet csak röviden — utaltunk: *az információk egyre messzebbmenő feldolgozása*. Az, ami a környezetben biológiailag releváns, és így a fontos ingerváltozó, általában nem „pontoszerű esemény” (ahogy LEIBOVIC, K. N. mondja, 1972, 131. o.). Az adiafor hatások sokszor igen bonyolult elrendeződésű tér- és idői együttese, sőt egyfajta kiterjedt „hatásmező” az, amelynek közvetítésével a környezeti eseményhez vagy tényálláshoz az idegrendszeri reprezentáció hozzárendelődik. Ennek a jelentőségére a lokomóció vezérlésénél már rámutattunk. Azt a csodálatos mechanizmust, mellyel az idegrendszer a feldolgozást megoldja, vagyis ahogyan a neuron a bemeneti értékek alapján a hozzátartozó kimenetet mint bonyolult függvényértéket „kiszámítja” (McCULLOCH, W. S. és PITTS, W., 1943), valójában csak a legmodernebb neurológiai kutatás kezdi feltárni.

Fejtegetéseink egy nagyon konkrét, az állatvilágban meglehetősen elterjedt reakcióforma közelebbi vizsgálatából indultak ki: az elkerülő viselkedés, „avoidance behavior” egyik formájából. Lényege, mint neve is mutatja, az, hogy az organizmus általa valamilyen károsodást elkerül. Ennek a vizsgálatából vezettük le alapproblémánkat, és nyertük végül legfőbb elméleti elgondolásunkat, melynek magva az adiafor determinációs szkéma. Ez a fajta elkerülő viselkedés, bár mint mondtuk, meglehetősen elterjedt az állatvilágban, mégis csak egyike a sok és nagyon is más elvű viselkedésformáknak, és messze nem a leggyakrabban elő-

forduló reakció. Sőt a pszichológiai kutatásban eddig egyáltalában nem szerepelt úgy, mint valamilyen tekintetben kitüntetett viselkedésforma. Eljárásunk tehát némileg szokatlan.

Miért szolgált tehát számunkra éppen ez a viselkedésforma kiindulópontul? Fejtegetéseinkre visszapillantva két okot adhatunk meg; mind a kettőnek egyenlő súlya van.

1. Olyan viselkedésformáról van szó, melyet minden belső tényezőtől függetlenül kizárólag egy kívülről jövő ingerhatás vagy külső ingerkonstelláció vált ki. Itt nincs semmiféle „szükségállapot” vagy „szükséglet”; az organizmus, amikor a közeledő tárgyról fénysugarak érik, ugyanolyan állapotban van, mint előzőleg, amikor ezek nem érték, vagy amikor olyan tárgyról jövő fénysugarak érik, melynek mozgási pályája — akárcsak néhány centiméterrel — elkerüli őt. Még ha valaki azt állítaná, hogy a közeledő tárgyról jövő fénysugarak hatására valamilyen „elkerülő szükséglet” lép fel (ami teljesen felesleges és a régi „képességpszichológia” gondolkodásmódjára emlékeztet), akkor is csak az ingerek hatása érvényesül — ha egy közbeékelte „szükségleten” keresztül is — és határozza meg a viselkedést.

2. Az elkerülő viselkedés — abban a formában, amelyben kiindulási példánk képviseli — világosan és fogalmi erőszakolás nélkül szembeállítható az organizmus egy másik reakciótípusával, *a regenerációval*. Ez a szembeállítás is némileg szokatlan, pedig nyilvánvaló, hogy *mindkettőnek ugyanaz a biológiai vonatkozási pontja: a károsodás*. Az egyik a kárt utólag helyrehozza — a regeneráció, a másik ugyanazt a kárt bekövetkezni sem engedi, megelőzi. Annak, hogy ez a szembeállítás a biológiai gondolkodásban — noha nagyon közelfekvő — nem merült fel, több oka van: *a)* nem volt külön indíték arra, hogy a gondolkodás ráterelődjék; nem látszott ugyanis külön elmélyedés nélkül plauzibilisnek, hogy ebből a szembeállításból tovább lehet menni és valamilyen különleges problémához lehet eljutni. *b)* Bár a kettőnek, mint mondtuk, ugyanaz a biológiai vonatkozási pontja, mégis az egyiknél *a referenciapont* (a károsodás) jelen van és hat, *a másiknál csak gondolatban elővételezett, ténylegesen be sem következő*. Bármennyire is nyilvánvaló — a laikus és a tudós számára egyaránt —, hogy pl. a sínek közül való kilépésnek mélységes köze van ahhoz, hogy a jármű másképp halálra gázolna, mégis ez a halálra-gázolás csak

„fenyegető”, nem ténylegesen bekövetkező esemény; feltételezni, hogy ennek, mint utólagos realitásnak, valamilyen kauzális szerepe volna, joggal a teleológikus gondolkodás elég durva formájának tűnt. (E durva hibát egyébként évszázadokon át elkövették — „causa finalis”). c) A két jelenség — az elkerülő viselkedés és a regeneráció — történésanyagában teljesen különböző: az egyik általában izomműködés, a másik, a regeneráció, belső fiziológiai folyamat.

A szembeállításból azonban világossá tehető, hogy mind a két organikus intézkedés *szabályozó jellegű*, éspedig ugyanarra a „zavarra” vonatkozó szabályozás. Így is mondhatjuk, mind a kettő alapján véve homeosztatis. ASHBY a következőket mondja: „Cannonnak »A test bölcsessége« című könyve a belső vegetatív működéseket illetően megfelelően tárgyalta a szabályozást, de még megírásra vár az a sokkal nagyobb méretű könyv, amely megmutatja, hogyan lehet az organizmus összes kívülről irányított — »magasabb rendű« — működése hasonló módon szabályozott, azaz homeosztatis” (ASHBY, W. R. magyar kiad. 1972, 232. o.). A szerző meri hinni, hogy ez a könyv részben az, amire ASHBY utal.

Az elkerülő viselkedés kizárólagos külső determináltsága és a regenerációval való szembeállítása lehetővé teszi annak a különleges és szinte „fortélyos” berendezkedésnek — kissé parlagiasan így is mondhatnánk: a természet egy „trükkjének — a felismerését, mellyel a szabályozást nulla értékű hibajellel megoldja. Ez a „trükk”: az adiafor determinációs szkéma. A regeneráció a még elviselhető nagyságrendű károsodás helyreállításával „szabályoz”, az elkerülő viselkedés nulla értékűvel, vagyis semmilyen károsodással. De a szabályozó hibajel e messzemenő (tulajdonképpen: végsőig menő) lecsökkentésénél *minőségi ugrás* következik be a fejlődésben: az elkerülő reakció természetét — történésformáját és belső szerkezetét — tekintve teljesen újszerű organikus jelenség a regenerációval szemben: *viselkedés*.

Kiválasztani egy viszonylag elszigetelt, egyáltalában nem központi jelentőségű jelenséget, és egy abból kihámozott elvet kiterjeszteni az organikus megnyilvánulások óriási területére, a pszichikusan vezérelt cselekvés minden formájára, valójában — mint tudományos eljárás — rendkívül veszélyes. Magával hozhat

gondolkodási egyoldalúságot, vágytól – ez esetben tudományos becsvágytól – torzított gondolkodást, és szinte észrevétlenül irányított értelmezési játékot. Mindettől két dolog óvhat: az egyik a gondolkodás kivételes szigorúsága, a másik a veszély állandó tudata. Ezért az általánosítást különleges gonddal és fogalmi tisztasággal, viszonylag kis lépésekben igyekeztünk elvégezni – minden viselkedésváltozat irányába. Közben arra is külön gondot kellett fordítanunk, hogy a kiterjesztés egyes szakaszait olyan egymásutánban mutassuk be, melyben azok nemcsak jól összefüggő logikai láncolatot képeznek, hanem feltehetően a fejlődéstörténetet is tükrözik. Ez néha nagyon bonyolult feladat volt: a közös történekváz olyan fantasztikusan változatos, egymástól látszólag olyan arányokban különböző manifesztációs formákat mutat, hogy a logikai átvezetés szinte kilátástalannak látszott. Élénken átéltük azt, amit egy kiváló modern biológus így ír le: „Az állatok és növények tanulmányozója néha azon kapja magát, hogy két egymással összeférhetetlen nézőpontot kényszerül magáévá tenni. Megcsodálja az élő organizmusok nagyon különböző struktúráit, azok minden komplexitásával és adaptív jellegével együtt, és ugyanakkor úgy tűnik neki, hogy a struktúrák felszíni változatossága mögött csak kis számú alapvetően hasonló fiziológiai mechanizmust lát. Ez a biológiai szkizofrénia enyhíthető – ha nem is gyógyítható – a fejlődéstörténi diagnózis („evolutionary diagnosis”) által, mely a fő súlyt a homológiákra és a közös eredetre helyezi.” (VOWLES, D. M., 1961, 5. o.) Valóban, az élővilág kutatója a formák és jelenségek fantasztikus változatosságával találja magát szemben, és ugyanakkor csodálkoznia kell – és gyakran nem is akar hinni a szemének –, amikor a közelebbi tanulmányozásnál e változatosságok mögül visszatérő hasonlóságok és hasonló elvű mechanizmusok – viszonylag kis számban – előcsillannak. Az egész kép ténylegesen csak az „evolúciós diagnózis” által válik értelmessé.

De éppen az általunk vizsgált jelenségek világában az „evolúciós diagnózis” nem eléggé elemző és elővigyázatos alkalmazása elfedhet fontos összefüggéseket. Pl. a propriocepció megjelenése a fejlődésben egyszerűnek és problémamentesnek látszik, ahogyan erre a statikus és kinesztétikus érzékelési formák tárgyalásánál rámutattunk. Mégis gondot fordítottunk arra, hogy világossá



tegyük: az exterocepciót megalapozó determinációs elv a propriocepciónál már nem szükségszerű. Éppen ezért az adiafor determinációs szkéma másodlagos alkalmazásáról beszéltünk. Az történik ugyanis, hogy az adiafor determináció megvalósítására kiképeződött szerkezetek és működésformák felhasználódnak ott is, ahol a viselkedésnek nem a külső, az organizmuson kívüli helyzethez kell igazodnia, hanem saját egyensúlyi vagy mozgási állapotához — pedig itt az adiafor determináció elve már nem szükségszerű. Megtévesztő és csak felszínes hasonlóságra épül az egyébként hagyományos eljárás is: a külső és a belső környezet egymás mellé állítása — amiből olyasmi következik, hogy mindkettőről információt kell szerezni ahhoz, hogy megfelelően alkalmazkodhassunk hozzá. Az új területen való alkalmazás legelső formája még olyan, hogy az eredeti funkcióval való rokonság nagyon világos: a determináció még részben a külvilágon át vezet. Ez a statikus érzékszerv. A közös eredet később is az exterocepcióra való többszöri visszaváltás formájában megmutatkozik.

A propriocepció megjelenésétől datálódik az az irányulás a fejlődésben, hogy az adiafor determináció megvalósítására eredetileg kiképeződött szerkezet és működési forma — néhol mindenesetre messzemenően redukálva — egyre szélesebb körű alkalmazást nyerjen és megjelenjen mindenütt, ahol valaminek valamihez igazodnia kell, mindenütt, ahol összehangolás és szabályozás van. Általános integrációs berendezkedéssé válik, és sokszor helyettesíti vagy kiegészíti az ősből eljárást, a hormonális integrációt. De nem a szerkezetnek és a funkciónak ez a kiterjesztése — és messzekerülése az eredeti és szükségszerű alkalmazástól — az, ami fejlődéstörténetileg a „magasabb idegműködéshez” vezet — ahogyan PAVLOV nevezte, s ami szerinte a cselekvés pszichikus vezérlésének alapja. A neuropszichikus jelenségvilág az adiafor determinációs szkéma eredeti és szükségszerű alkalmazásából — úgy, ahogyan az a külvilághoz való viselkedéses alkalmazkodásban érvényesül — születik és fejlődik tovább. Aki SHERRINGTON új előszavát a 40 évvel korábban írt klasszikus művének kiadásához figyelmesen elolvassa, felismerheti, hogy a nagy kutatónak, noha éppen az integratív funkciót állította előtérbe, jól kivehetően felderengett az, amit éppen kifejtettünk.

A döntő mozzanat a neuropszichikus jelenségkörhöz vezető

fejlődésben, amint azt kimutatni igyekeztünk, az, hogy az adiafor hatás és a hozzákapcsolódó idegrendszeri történés szerepe megváltozik: nem egyszerűen mint „jeladás a cselekvésre”, nem mint pusztán „időzítés”, hanem mint „információ” működik. Éspedig mint információ, melynek felvétele legalábbis átmenetileg független attól, hogy valamilyen biológiailag releváns valóságmozzanatra utal-e vagy nem, és attól is, hogy előhív-e valamilyen reakciót vagy nem. Ez a különbözőség olyan differenciálódáshoz vezet, melynek igen nagy jelentősége van. A tiszta, semleges információtól eldifferenciálódik az az információ, mely valamilyen biológiailag releváns, elsősorban veszélytörténésről „szól”, a motívum, vagy amely meghatározott – illetve meghatározott eredményt hozó – cselekvésre készítet, a belső készítetés (drive). Megpróbáltuk kimutatni, hogy ez a két információtípus hogyan függ össze, és hogyan mehet át egymásba. Mindenesetre ez a differenciálódás a magasabb rendű gerinceseknél és az embernél már kirívó jellegzetesség.

Az információs teljesítmény fejlődését betetőzi az, ami az adiafor determináció alakulásának talán a legkülönösebb vonala és egyben legvégletesebb formája: az adiafor determináció megvalósítására kiképeződött struktúra és funkció alkalmazást nyer egy olyan feladat ellátásában, mely az adiafor alapjelleggel egyenesen ellentétes. Az adiafor hatás az új szerepben úgy „működik”, úgy determinálja a viselkedést, mintha maga is releváns – káros vagy kedvező – hatás volna. Megjelenik az „elviselhetetlen információ”, illetve annak pozitív változata, a „jótékony információ” – ami az adiafor alapjelleget tekintve nyilván paradox; ezért beszéltünk az adiafor determináció paradox alkalmazásáról. Ez az alakulás az ún. nocicepcióval veszi kezdetét, és végül a neuropszichikus információ különleges, affektív színezetét alapozza meg. Fejtegetéseinkben nyomon követhetjük, hogyan rejtőzik és vész el egyre jobban az adiafor determinációs elv a szövevényes tényállásban – noha éppen ez az elv elméleti elgondolásaink szerint az egész itt tárgyalt fejlődés lényeges pontja és hordozója.

A szerző tudatában van annak, hogy az előadott elméletnek vannak logikailag érzékeny pontjai. Az egyik magával az alapfogalommal, az adiafor hatás fogalmával kapcsolatos. Eléggé éles meghatározás-e az, hogy e hatás nem éri el az  $\eta$ -változókat? Az első fejezetben példákat hoztunk fel az ilyen hatások illusztrá-

lására. De azután saját magunk derítettük ki, hogy ezek bizonyos értelemben mégsem megfelelő példák. Hiszen azt, hogy egy porszem esik a szőrrel borított kültakaróra, az állat esetleg érzékeli, ami azt jelenti, hogy a porszem nyomása a szőrszálla egy érzéksejt állapotát befolyásolta, egy életfolyamatot idézett fel, tehát elért bizonyos, specifikus  $\eta$ -változókat. Úgy tűnhetik, hogy gonosz logikai körben mozgunk. Itt folyamodtunk először az „evolúciós diagnózishoz”; feltételeztük, hogy ezek „eredetileg” adiafor hatások voltak, melyekhez csak másodlagosan, a fejlődés folyamán „kapcsolódott” olyan organikus történet, melynek már szabad útja van az  $\eta$ -változókhoz. De ez valójában azt jelenti, hogy adiafor hatásokat ténylegesen nem tudunk felmutatni — *ma már csak „felhasznált” formában találjuk meg őket mint az érzékelés „ingereit”*.

Az adiafor determinációs szkéma feltételezésével nemcsak a gonosz logikai körből kerültünk ki. Az, hogy ezek a hatások egyáltalában felhasználódhattak a viselkedés determinációjában, szólott éppen a mellett (ha szigorú értelemben nem is bizonyította), hogy adiafor eredetűek. Tehát furcsa módon — és némileg kiélezett fogalmazásban: éppen az, hogy ilyen módon elveszthették adiafor jellegüket, tanúsítja, hogy ez volt eredeti jellegük.

Utólag meglepőnek kell tartanunk azt, hogy a példák felsorolásánál — az első fejezetben — az olvasó nem akadt meg, és nem gondolt arra, hogy a felsorolt külső hatások a valóságban elérik az életfolyamatokat, vagyis az  $\eta$ -változókat. Ezt a kézirat elkészítése után egy kisebb fajta kísérlet keretében megállapíthattam. Oka pszichológiailag érdekes: az emberek általánosságban — és a pszichológusok különösen — „természetesnek” tartják, hogy érzékeink ingerei önmagukban ártalmatlanok, sem nem jó, sem nem rossz környezeti hatások. Még az az olvasó, akinek a felsorolt példák olvasásánál felötlött, hogy hiszen ezek az érzékelés ingerei — sem gondolt valamilyen tényszerű hibára. Ennek a „természetességnek” azonban további jelentőséget nem tulajdonítottak.

Az idevágó tények elemzésében és szemléletében egyébként is túltengenek a „természetességek” és „evidens összefüggések”, melyeknek fő szerepük van abban, hogy a kutatók a 2. fejezetben megfogalmazott problémára nem eszméltek rá. Ez demonstrálható

bármelyik kutatónak az alkalmazkodó (adaptív) viselkedésről szóló fejtegetéseivel. Vegyük példának azt, amit a viselkedés egyik legkiválóbb tanulmányozója, HULL, ebben az összefüggésben mond: „A legtöbb állat számára – ahhoz, hogy életben maradjon – szükséges, hogy aktív legyen. De nem akármilyen mozgás kielégítő, a mozgásnak ahhoz, hogy adaptív legyen, pontos koordinációban kell lennie a teljes környezet egy részletének állapotával. Ez a koordináció csak akkor valósulhat meg, ha valamilyen folytonosan úgy alakul, hogy a környezet hatást gyakorol a motoros apparátusra. Az organikus fejlődés az állatokat speciális szervekkel látta el, melyek a környezet fizikai energiáit felveszik és neurális impulzusokká alakítják át.” (HULL, C. L., 1943, 45–46. o.) A gondolatmenet általánosan ismert és elfogadott összefüggések hibátlan kifejtése. Mégis nézzük meg a gondolatmenetet közelebbről! Mindjárt a második mondatban fellelhető egy logikai ugrás, mely nincs kellőképp megmagyarázva, s amely fölött a gondolatmenet elsiklik: „... a mozgásnak ahhoz, hogy adaptív legyen, pontos koordinációban kell lennie a teljes környezet egy részletének állapotával”. Tegyük fel, hogy valaki felteszi a naiv kérdést: miért kell az organizmus mozgásának – ahhoz, hogy adaptív legyen – pontos koordinációban lennie bizonyos környezeti állapottal? Kísérjük meg ezt egy konkrét példán – esetleg éppen kiinduló példánkon – demonstrálni: egy éles tárgy repül felénk meglehetősen sebességgel. Amikor a tárgy 6 méternyire van tőlünk, s közeledik az 5 méternyi távolsághoz, félrelépünk, vagyis kilépünk a tárgy mozgásának pályájából, melyben állunk. Cselekvésünk valóban „pontos koordinációban” van a környezet egy részének állapotával, és pedig az éles tárgy mozgásának azzal a szakaszával, melyben az 6 méternyi távolságról 5 méternyire közelít meg bennünket. S most megkérdezhetjük, miért van szükség erre a koordinációra? Gondoljuk meg jól: a tárgy mozgásának ez a szakasza – 6 méternyi távolságtól 5 méternyi távolságig (tőlünk számítva) – önmagában nem biológiailag releváns esemény; mégis meghatározott viselkedésnek kell koordinálnia hozzá. Természetesen – így külön szemlélve – világos, hogy miért. *Ez a szakasz szükség-szerű fizikai antecedense egy későbbi szakasznak, mely már biológiailag nagyon is releváns*: a tárgy beleütközik a testünkbe. Ha a tárgy úgy közelednék felénk, hogy mozgási pályája akár csak

10 cm-rel elvezetne mellettünk, már a mozgás fenti szakasza nem volna antecedense egy későbbi biológiailag releváns szakasznak, s viselkedésünknek nem kellene „koordinálódnia” hozzá. (Ténylegesen ez esetben nem is mozdulunk el.) Íme a *biológiai referenciapont*, amely nélkül a fenti koordinációnak semmi értelme és biológiai létjogosultsága. Erre a biológiai referenciapontra nem történik utalás HULL (és még sok más biológus és pszichológus) formuláiban.

De mit veszítettünk ezzel a „mulasztással”? — kérdezhetné valaki — a formula igaz így is. A viselkedésnek a teljes környezet ama részének állapotához mindenképpen koordinálva kell lennie — természetesen a biológiai referenciapont miatt, amit a formula csak nem mond ki, de nem is zár ki. Ez igaz. De a hiányosságok további következménye is van. Mi az említetlenül hagyott referenciapont lényege? Az organizmus károsítása, káros *hatás* az organizmusra. És most nézzük a HULL-idézet következő mondatát: „... a koordináció csak akkor valósulhat meg, ha valamiképpen folytonosan úgy alakul, hogy a környezet *hatást* gyakorol a motoros apparátusra” (kiemelés tőlünk). Figyeljünk fel arra, hogy mind a fenti követelményben, mind a biológiai referenciapontban van egy közös elem: a *hatás*, melyet a környezet az organizmusra gyakorol; az egyik, amely szükséges a koordinációhoz, a másik, amely elkerülendő. Az egyik közvetlenül az érzékszerveket és az idegrendszeri folyamatokon keresztül a mozgásapparátust, az izmokat éri, a másik a bőr megsértésével esetleg ugyancsak az izmokat (megsértve azokat). *Ez a párhuzam marad rejtve a szokványos fogalmazásban* — amilyen a HULLi is. Pedig már ez az elemzés halványan látni engedi a természet „fortélyát”: az organizmus az egyik hatást „kijátssza” a másik ellen; az egyiket elszenvedí, mert az nem zavar semmilyen életfolyamatot; az organizmus készségesen „felveszi”, sőt előre „odakészít” egy kis apparátust, melyben az folyamatokat idéz fel — folyamatokat, melyek megvalósítják a koordinációt az adaptív — valójában a biológiai referenciapontra, a káros hatásra, adaptált — cselekvéssel. És — amint ezt az egész könyvön át bizonyítani igyekeztünk — ez nemcsak kiinduló példánkban van így. Mindenesetre a „fortély” egyre inkább „elrejtőzik”, szinte elvész a szövevényes tényállásokban, melyek minden újabb alkalmazási formánál előállnak.

Van HULL fogalmazásában még egy pont, melyre fel kell figyel-nünk. Ez a pont a magyar fordításban alig tűnik fel; az idézet szóban forgó részlete így hangzik: „... a koordináció csak akkor valósulhat meg, ha valamiképpen folytonosan úgy alakul, hogy a környezet állapota stb.” Mire utal az „úgy alakul” kifejezés? Az eredeti angol fogalmazás élesebb: „This coordination can occur only if the environment is somehow continuously *brought* to bear on the motor apparatus” (kiemelés tőlünk). A kiemelt kifejezés nehezen fordítható; pontosabban, de stílárisan kevésbé elfogadhatóan így fordíthatnánk: „Ez a koordináció csak akkor valósulhat meg, ha valamiképpen folytonosan úgy *intéződik*, hogy stb.” Az, amit HULL a fogalmazással kifejezésre akar juttatni, valójában az, hogy ezt a „hatást a motoros apparátusra” az orga-nizmusnak meg kell rendeznie, ez nem a külső hatás természetéből következik (nem úgy, mint az ártalom, melyet a testhez ütköző tárgy hatása okoz), ilyen következménye önmagában és „eredeti-leg” nincs. Halvány és öntudatlan utalás ez már az adiafor jellegre.

Talán idegenkedést kelt az olvasóban, hogy képletesen a termé-szet valamilyen „fortélyos” eljárásáról beszélünk — melynek meg-valósulásából a neuropszichikus információ megszületik és tovább-fejlődik. Pedig az eljárás olyan jellegű, hogy e furcsa minősítést közelfekvővé teszi: végletek játszanak össze benne — meglepő módon; a „jelentéktelen” megmenti az organizmust a „jelenté-kenytől”, vagy éppen biztosítja számára a „jelentékenyet”. A koordináció, melyet HULL kiemel, csak részlet az eljárásban, mely a fortélyt még nem tárja fel.

És már eleve talán az is idegenszerűen hat, hogy a jelentéktelen, adiafor hatások felhasználásából akarjuk a fejlődés egyik leg-jelentősebb produktumát, a neuropszichikus információt, ezt a nagyon magasrendű mozgásformát eredeztetni. De az ilyen idegenkedés komolytalan, és csak valamilyen ellenérzésből fakad, melynek előtörténetét itt nem tárgyalhatjuk. Inkább azt kell vilá-gosan látni, hogy az élőlények földünkön az adiafor hatások egy óceánjában élnek, ugyanakkor jóval ritkábban és mostohábban részesíti őket környezetük kedvező és (szerencsére) káros hatá-sokban. Annak, aki az élőlények fejlődését, alkalmazkodó beren-dezkedéseik csodálatos sokféleségét és változatosságát hosszabb időn át tanulmányozta, szinte elképzelhetetlennek tűnnék, hogy a

fejlődés a jelentéktelen és a biológiailag fontos hatások közötti, fizikai törvények szerint fennálló összefüggéseket nem „fedez fel” és nem használja ki azon a módon, ahogyan e könyvben leírtuk. Más módon nem is látszik lehetségesnek. Ennek felismerésével úgy véljük, a neuropszichikus információ és talán az egész lelki élet eredetének problémájába mélyebb bepillantást nyertünk.

ACCOTT, K. L. & BERRY, F. E.: On purposive systems. *Adaptive - Adaptive* Chicago, 1972.

ÁRKAI György: Interoception and behavior. *Alkalmazott Kíséletek*, 1967.

ARON, E. D., CATHILL, M. & HOAGLAND, H.: Sensory discharge in single cutaneous nerve fibres. *J. Neurophysiol.* 7:1, 1971, 407-408.

ARON, E. D. & LORAN, H.: The tactile discharge from the human forearm. *J. Neurophysiol.* 68:1929-1939-1940.

ALAZAROVITZ, J. S.: Muscle receptor organs of human vulgus. *Genet. & Physiological Science*, 92, 1971.

ALAZAROVITZ, J. S.: Receptor elements in the thoracic muscle of *Homarus vulgaris* and *Palaemon vulgaris*. *Genet. & Physiological Science*, 92, 1971.

ALAZAROVITZ, J. S., DE ARBELLA, J. R.: Local responses in *Palaemon vulgaris*. *J. Neurophysiol.* 17:1, 1954, 217-220.

ANOTHER, B. K.: A new conception of psychological structure of the human world. *Brain mechanism and learning*, 1961:189-227.

ARON, W. R.: Behavior's a kinesthetic. *Alkalmazott Kíséletek*, 1972.

ARON, W. R.: The Theory of the Human World. *Brain mechanism and learning*, 1961:227-250.

ARON, W. R.: The new sensory. *Science*, 1972, 44, 37, 6.

ARON, W. R.: Experiments in learning. *New York*, 1969.

ARON, W. R.: The kinesthetic system. *Science*, 1972, 44, 37, 6.

ARON, W. R.: Learning and cognitive control. *Acta Psychol.* 1, 1963.

ARON, W. R.: Arousal and reinforcement. *Behavioral Science*, 1967.

ARON, W. R.: The theory of open systems in physics and biology. *Science*, 1972, 44, 37, 6.

ARON, W. R.: A general learning theory of color vision. *Research in Psychology*, 1972, 1, 1.

ARON, W. R.: A general learning theory of color vision. *Research in Psychology*, 1972, 1, 1.

ARON, W. R.: A general learning theory of color vision. *Research in Psychology*, 1972, 1, 1.

ARON, W. R.: A general learning theory of color vision. *Research in Psychology*, 1972, 1, 1.

ARON, W. R.: A general learning theory of color vision. *Research in Psychology*, 1972, 1, 1.

## IRODALOM

ACKOFF, K. L. és EMERY, F. E.: On purposeful systems. Aldine—Atherton Chicago, 1972.

ÁDÁM GYÖRGY: Interoception and behavior. Akadémiai Kiadó, 1967.

ADRIEN, E. D., CATTELL, M. és HOAGLAND, H.: Sensory discharges in single cutaneous nerve fibres. *J. Physiol.*, 72. 1931. 392—404. o.

ADRIEN, E. D. és UMRATH, H.: The impulse discharge from the Pacinian Corpuscle. *J. Physiol.*, 68. 1929. 139—154. o.

ALEXANDROVITZ, J. S.: Muscle receptor organs of *Homarus vulgaris*. *Quart. J. Microscopic Science*, 92. 1951.

ALEXANDROVITZ, J. S.: Receptor elements in the thoracic muscles of *Homarus vulgaris* and *Palinurus vulgaris*. *Quart. J. Microscopic Science*, 93. 1952.

ALVAREZ-BUYILLA, R. és DE ARELLANO, J. R.: Local responses in Pacinian corpuscles. *Amer. J. Physiol.*, 172. 1953. 237—250. o.

ANOCHIN, P. K.: A new conception of physiological architecture of conditioned reflex. Brain mechanism and learning. 1961. 189—227. o.

ASHBY, W. R.: Bevezetés a kibernetikába, Akadémiai Kiadó, 1972.

BÉKÉSY, V. G.: Zur Theorie des Hörens (Über das Richtungshören bei einer Zeitdifferenz oder Lichtstärkeungleichheit der beiderseitigen Schalleinwirkung). *Physikalische Zeitschrift*, 31. 1930.

BÉKÉSY, V. G.: The ear. *Scientific American*, 1957. aug. 44—53. o.

BÉKÉSY, V. G.: Experiments in hearing. New York, 1960.

BENUSSI, V.: Die Atmungssymptome der Lüge. *Arch. gesamte Psychol.*, 31, 1914. 244—273. o.

BERLYNE, D. E.: Uncertainty and epistemic curiosity. *Brit. J. Psychol.*, 53. 1962.

BERLYNE, D. E.: Arousal and reinforcement. Nebraska Symposion on Motivation. Nebraska Univ. Press. 1967.

BERTALANFFY, L.: The theory of open systems in physics and biology. *Science*, 111. 1950.

BIERNSON, G.: A spectral scanning theory of color vision. Research report No. 326. Applied Research Laboratory, Silvania Electric Products, Inc. Waltham, Mass. 1963.

BINDRA, D.: Motivation. A systematic reinterpretation. The Ronald Press Comp., New York, 1959.

BODIAN, D.: The generalized vertebrate neuron. *Science*, 137. 1962. 323—326. o.



- BYKOV, K. M.: Grosshirnrinde und innere Organe. Berlin, 1952.
- CANNON, W. B.: Bodily changes in pain, hunger, fear and rage. Appleton, New York, 1929.
- CANNON, W. B.: The wisdom of the body. Norton, New York, 1932.
- CANNON, W. B.: Hunger and thirst. In: A handbook of general experimental psychology. Ed.: Murchison, C. Worcester, Mass. Clark Univ. Press, 1934. 247—263. o.
- CLAYTON, R. K.: Phototaxis of purple bacteria. In: Handbuch der Pflanzenphysiologie 17. kiad. I. Teil, Berlin, New York, 1959.
- CLAYTON, R. K.: Phototaxis in microorganisms. In: Photophysiology, Vol. II. Acad. Press, New York, 1964.
- CRAIG, W.: Appetites and aversions as constituents of instinct. *Biol. Bull.*, 34. 1918. 91—107. o.
- CULLER, E. F.: Recent advances in some concepts of conditioning. *Psychol. Rev.*, 45. 1938.
- DARTNALL, H. J. A.: The photobiology of visual processes. The eye. The visual process. Ed. Davson, H. Acad. Press, New York, London, 1962.
- DAVSON, H.: A textbook of general physiology. London, 1959.
- DEUTSCH, J. A.: A new type of behavior theory. *Brit. J. Psychol.*, 44. 1953. 304—317.
- DEUTSCH, J. A.: The structural basis of behavior. Cambridge, Univ. Press. 1964.
- DEUTSCH, J. A. and DEUTSCH, D.: Physiological psychology. The Dorsey Press, Homewood, Ill. 1966.
- DE VRIES, H. and STUIVER, M.: The absolute sensitivity of the human sense of smell. In Sensory Communication (ed. Rosenblith, W. A.) Wiley, New York, 1961. 159—167. o.
- DUKE-ELDER, S.: The eye in evolution. In System of Ophthalmology. Vol. I. Henry Kimpton, London, 1958.
- ECCLES, J. C.: The neurophysiological basis of mind: The principles of neurophysiology. 1953.
- EMERSON, R. and LEWIS, C. M.: The photosynthetic efficiency of phyco-cyanin in *Chroococcus* and the problem of carotenoid participation in photosynthesis. *J. General Physiol.*, 25. 1942.
- ENGELMANN, T. W.: Bacterium photometricum. Ein Beitrag zur vergleichenden Physiologie des Licht- und Farbensinnes. *Pflügers Archiv*, 30. 1883.
- ENOCH, J. M.: Optical properties of the retinal receptor. *J. Optical Soc. Amer.*, 53. 1963. 71—85. o.
- ERICKSON, R. F.: Stimulus coding in topographic and non-topographic afferent modalities. *Psychol. Rev.*, 75. 1968. 447—465. o.
- FEINLEIB, M. E. and CURRY, G. M.: The nature of the photoreceptor in phototaxis. In: Handbook of sensory physiology I. Ed. Loewenstein, W. R. Berlin, New York, 1971.
- FINLAYSON, L. H. and LOWENSTEIN, O.: A proprioceptor in the body musculature of Lepidoptera. *Nature (London)*, 176. 1955.

- FLOCK, Å.: Sensory transduction in hair cells. In: Principles of receptor physiology. Ed.: Loewenstein, W. R. 1971. 396—441. o.
- FOGG, G. E.: The growth of plants. Penguin, 1970.
- FRAENKEL, G. S. and GUNN, D. L.: The orientation of animals. Clarendon Press, Oxford, 1940.
- FRÖBES, J.: Lehrbuch der experimentellen Psychologie. II. Ausg. Freiburg in Bresgau, 1923.
- GARCIA, J., KIMELSDORF, D. J. and KOELLING, R. A.: Conditioned aversion to saccharin resulting from exposure to gamma radiation. *Science*, 122. 1955. 157—158. o.
- GARCIA, J., ERVIN, F. R., YORKE, C. H. and KOELLING, R. A.: Conditioning with delayed vitamin injection. *Science*, 155. 1967. 716—718. o.
- GIBSON, J. J.: Visually controlled locomotion and visual orientation of animals. *Brit. J. Psychol.*, 49. 1958. 182—194. o.
- GIBSON, J. J.: Perception as a function of stimulation. In Psychology: a study of a science (Ed. Koch, S.) Vol. 1. McGraw Hill, New York, 1959, 456—504. o.
- GOLDBERG, I. M.: On whether tactile sensitivity can be improved by exercise. *Soviet Psychology and Psychiatry*. 1963. 2. 19—23. o.
- GRASTYÁN, E., MOLNÁR, P., SZABÓ, I. and KOLTA, P.: Rebound, reinforcement and selfstimulation. *Communications of behavior biology*, Part A. 2. 1968. 235—266. o.
- GRASTYÁN, ENDRE, MOLNÁR PÉTER, SZABÓ IMRE és KOLTA PÉTER: Magtartásfiziológia és kibernetika. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 25. 1968. 19—32.
- GRAY, J.: The role of peripheral sense organs during locomotion in the vertebrates. In *Physiological mechanisms in animal behavior*, Cambridge, Univ. Press, 1950. 112—126. o.
- GRAY, J. A. B. and SATO, M.: Properties of the receptor potential in Pacinian corpuscles. *J. Physiol. (London)*, 122. 1953. 610—636. o.
- GRIFFITH, J. S.: A view of the brain. Oxford Univ. Press, London, 1967.
- GRIFFITH, J. S.: *Mathematical neurobiology*. Academic Press, London, New York, 1971.
- GRINDLEY, G. C.: The formation of a simple habit in guinea pigs. *Brit. J. Psychol.*, 23. 1932. 127—147. o.
- GROSSMAN, S. F.: A textbook of physiological Psychology. 1967.
- GRUNDFEST, H.: The general electrophysiology of input membrane in electrogenic cells. In: Principles of receptor physiology. Ed.: Loewenstein, W. R. 1971. 135—165. o.
- GUILFORD, J. P.: The structure of intellect. *Psychol. Bull.* 53. (4) 1956. 267—293. o.
- HEBB, D. O.: The organization of behavior. John Wiley, New York, 1949.
- HEBB, D. O.: Concerning imagery. *Psychol. Rev.*, 75, 1968. 466—477. o.
- HECHT, S., SHLAER, S. and PIRENNE, M. H.: Energy, quanta and vision. *J. General Physiol.*, 25, 1942. 819—840. o.

HENDLER, E., HARDY, J. D. and MURGATROYD, D.: Skin heating and temperature sensation produced by infrared and microwave irradiation. In: Herzfeld, C. M. (Ed.) Temperature, its measurement and control in science and industry: Part 3. Biology and Medicine. Reinhold, New York, 1961. 211—230. o.

HOLST, V. E.: Quantitative Messung von Stimmungen im Verhalten der Fische, in *Physiological mechanisms in animal behavior*. Cambridge, Univ. Press. 1950. 143—173. o.

HULL, C. L.: *Principles of behavior*. Appleton-Century-Crofts, New York, 1943.

HULL, C. L.: *Essentials of behavior*. Yale Univ. Press. New Haven, 1957.

JENNINGS, H. S.: *Behavior of the lower organisms*. 1915.

KARDOS LAJOS: A lélektan alapproblémái és a pavlovi kutatások. Akadémiai Kiadó, 1957.

KARDOS LAJOS: Az emlékezeti mező szerepe interoceptív ingerekhez kapcsolt feltételes reakciók kialakulásában. *Pszichológiai tanulmányok* II. 1959. 43—61. o.

KARDOS LAJOS: *Általános pszichológia*. Tankönyvkiadó, 1965.

KARDOS LAJOS, CAPUZZI, W. és DE RÉNOCHE, I.: Lokomóciós tanulás és téri orientáció. I. Kísérletek a csillagformájú útvesztővel. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 26. 1968. 302—316. o.

KARDOS LAJOS és RADICS L.: Lokomóciós tanulás és téri orientáció IV. Kerülő út használata és a mnemonikus mező. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 29. 1972. 350—372. o.

KARDOS LAJOS és DE RÉNOCHE, I.: A vesztibuláris apparátus szerepe az állat lokomotórikus teljesítményeiben. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 23. 1966. 1—13. o.

KARDOS LAJOS és DE RÉNOCHE, I.: Lokomóciós tanulás és téri orientáció. III. A látómező totális eltolódásával kapcsolatos tapasztalatok hatása a lokomóciós tanulásra. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 27. 1970. 497—513. o.

KARDOS LAJOS, ZANFORLIN, M. és POLI, G.: Lokomóciós tanulás és téri orientáció II. Ekviterminális alternatív utak jelentősége a tanulásban. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 26. 1969. 443—458. o.

KEPNER, W. A.: *Animals looking into the future*. Macmillan, New York, 1925.

KLIX, F.: *Information und Verhalten*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1971.

KOFFKA, K.: *Principles of gestalt psychology*. Harcourt Brace, New York, 1935.

KOHN, M.: Satiation of hunger from food injected directly into the stomach versus ingested by mouth. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 44. 1951. 412—422. o.

KONORSKY, J. and MILLER, S.: On two types of conditioned reflex. *J. General Psychol.*, 16. 1937.

KREIDL, A.: Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinthes. 2. Versuch an Krebsen. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien*, 1893.

KUPFERMANN, I. and PINSKER, H.: Plasticity in *Aplysia* neurons and some simple neuronal models of learning. In: Reinforcement and behavior. Ed. Tapp, J. I. Acad. Press, New York, London, 1969.

KÜHN, A.: Die Orientierung der Tiere im Raum. Jena, 1919.

KÜHN, A.: Grundriss der allgemeinen Zoologie. G. Thieme, Leipzig, 1931.

LASHLEY, K.: Experimental analysis of instinctive behavior. *Psychol. Rev.*, 45. 1938, 445—471. o. Magyarul is: Alaklélektan. Gondolat Könyvkiadó, 1974. 278—303. o.

LEEPER, R. W.: A motivational theory of emotion to replace „emotion as disorganized response”. *Psychol. Rev.*, 55. 1948. 5—21. o.

LEIBOVIC, K. N.: Nervous system theory. Acad. Press. New York, London, 1972.

LE MAGNEN, J.: Habits and food intake. In: Handbook of Physiology, Ed.: Code, C. F. Washington, *Amer. Physiol. Soc.*, 1967. 11—30. o.

LEONTYEV, A. N.: A pszichikum fejlődésének problémái. Magyar kiadás: Kossuth Kiadó, 1964.

LEWIN, K.: Vorsatz, Wille und Bedürfnis. Berlin, 1926.

LISSMANN, H. W.: Proprioceptors. In: Physiological mechanisms in animal behavior. Symposion of the Society for Experimental Biology, IV. 1950. 34—59. o.

LOEB, J.: Die Tropismen. In: Handbuch der vergleichenden Physiologie. IV. 1913.

LOEWENSTEIN, W. R.: The generation of electric activity in a nerve ending. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 81. 1959. 367—387. o.

LORENZ, K.: The comparative method in studying innate behavior patterns. In: Physiological mechanisms in animal behavior. Symposion of the Society for Experimental Biology. Cambridge Univ. Press, 1950. 221—268. o.

MACKAY, D. M.: Information, mechanism, meaning. The M.I.T. Press, Cambridge, 1969.

MACNICHOL, E. F. JR.: Retinal mechanisms in color vision. *Vision Research*, 4. 1964. 119—138. o.

MAKOUS, W. L.: Cutaneous color sensitivity: explanation and demonstration. *Psychol. Rev.*, 73. 1966. 280—294. o.

MARRIOTT, F. H. C., MORRIS, V. B. and PIRENNE, M. H.: The minimum flux of energy detectable by the human eye. *J. Physiol.*, 145. 1959. 369—373. o.

MARLER, P. and HAMILTON, W. J.: Mechanisms of animal behavior. John Wiley, New York, London, 1966.

MARTINS, T. and VALLE, J. R.: Hormonal regulation of the micturition behavior of the dog. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 41. 1948. 364—371. o.

MAST, S. O.: Factors involved in the process of orientation of lower organisms in light. *Biological Review*, 13. 1938.

MCCULLOCH, W. S. and PITTS, W. H.: A logical calculus of ideas immanent in nervous activity. *Bull. mathemat. Biophysics*, 5, 1943. 115—133. o.

MELZACK, R.: The perception of pain. *American Scientist*, 1961.

- MELZACK, R. and WALL, S. K.: Pain mechanisms: a new theory. *Science*, 150. 1965. 971—979. o.
- METZGER, W.: Psychologie. 1941.
- NIELSEN, T. I.: Volition: a new experimental approach. *Scand. J. Psychol.*, 4. 1963. 225—230.
- NORMAN, W. W.: Dürfen wir aus den Reaktionen niederer Tiere auf das Vorhandensein von Schmerzempfindungen schliessen? *Arch. ges. Physiol.* 67. 1897.
- NULTSCH, W.: Der Einfluss des Lichtes auf die Bewegung der Cyanophyceen. I. Mitteilung. Phototopotaxis von *Phormidium autumnale*. *Planta*, 58. 1961.
- NULTSCH, W.: Der Einfluss des Lichtes auf die Bewegung von Cyanophyceen. III. Mitteilung. Photophobotaxis von *Phormidium uncinatum*. *Planta* 58. 1962.
- OCHS, S.: General properties of the nerve. In: Physiology. Ed.: Selkust, E. E. 1963.
- OLDS, J.: Pleasure centres in the brain. *Scientific American*, Oct. 1956.
- OLDS, J. and MILNER, P. A.: Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 47. 1954. 419—427. o.
- OSTER, R. H. and CLARKE, G. L.: *J. Optical Soc. Amer.*, 25. 1937. — idézi: Wald, G., Brown, P. K. and Brown, P. S. 1957.
- PÁRDU CZ BÉLA: Az ingermezőben való tájékozódás problémája az egysejtűeknél. MTA Biológiai és Orvosi Tudományos Osztályának Közleményei. VII. 1956.
- PANTIN, C. F. A.: The excitation of nematocysts. *J. Exper. Biol.*, 19. 1942. 244—310. o.
- PATTEN, J.: 1886 — Duke—Elder, S. nyomán.
- PAVLOV, I. P.: Válogatott művei (magyarul). Akadémiai Kiadó, 1953.
- PFÄFFMANN, C.: The pleasure of sensation. *Psychol. Rev.*, 67. 1960. 253—268. o.
- PIRENNE, M. H., MARRIOTT, F. H. C. and O'DOHERTY, E. F.: Individual differences in night-vision efficiency. *Spec. Report Series of Medical Research Comm.* London, 294, 1957.
- PLATE, L.: Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. 2. Teil. Die Sinnesorgane der Tiere. 1923.
- PRINGLE, J. W. S.: Proprioception in insects III. The function of the hair sensilla at the joints. *J. Exper. Biol.*, 15. 1938.
- PRINGLE, J. W. S.: Proprioception in *Limulus*. *J. Exper. Biol.*, 33. 1956. 658—667. o.
- PRINGLE, J. W. S.: *J. Exper. Biol.*, 25. 1948.
- PUMPHREY, R. J.: Hearing. In: Physiological mechanisms in animal behavior. Symposium of the Society for Experimental Biology No. IV. 1950. 3—18. o.
- PÜTTNER, A.: Vergleichende Physiologie. 1911.
- REIN, H.: Physiologie des Menschen. Springer Verlag, Berlin, 1943.

RUSHTON, W. A. H.: The chemical nature of color vision. *New Scientist*, 235. 1961. 374—377. o.

RUSHTON, W. A. H.: The retinal organization of vision in vertebrates. Symposium of the Society for Experimental Biology 16. 1962, 12—31. o.

SCHIFF, W.: Perception of impending collision. A study of visually directed avoidant behavior. *Psychol. Monogr. Whole No. 604*. 1965. 1—26 o.

SCHIFF, W., CAVINESS, J. A. and GIBSON, J. J.: Persistent fear responses in rhesus monkeys to the optical stimulus of „looming”. *Science*, 136. 1962. 982—983. o.

SCHNEIRLA, T. C.: Interrelationships of the „innate” and the „acquired” in instinctive behavior. In *L'instinct dans le comportement des animaux et de l'homme*. Paris, 1956.

SHERRINGTON, CH. S.: Flexion-reflex of the limb, crossed extension-reflex and reflex stepping and standing. *J. Physiology*, 40. 1910. 38—121. o.

SHERRINGTON, CH. S.: The integrative action of the nervous system. 1911, II. ed. 3. printing 1952. Yale Univ. Press.

SKINNER, B. F.: The behavior of organisms. Appleton-Century-Crofts, 1938.

SKINNER, B. F.: „Superstition” in pigeon. *J. Exper. Psychol.*, 38. 1948. 168—172. o.

SMITH, C. G., METTLER, F. A. and CULLER, E. A.: *J. Neurol.* 3. 1940.

SOMMERHOFF, G.: Analytical biology. Oxford, Univ. Press, London, 1950.

SPENCER, H.: The principles of psychology. 1855.

STILES, W. S.: Color vision: The approach through increment threshold sensitivity. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington 45, 1959. 100—114. o.

SUND, P. N.: A study of the muscular anatomy and swimming behavior of the sea anemone. *Stomphia coccinea*. *Quart. J. Microscopie Science*, 88, 1958. 401—420. o.

SZENTÁGOTHAJ JÁNOS: Funkcionális anatómia. III. köt. 1971.

TAPP, T. J.: Activity, reactivity and the behavior-directing properties of stimuli, in Reinforcement and behavior. Ed. Tapp, J. T. Acad. Press, New York, London, 1969.

TEITELBAUM, P. and CAMPBELL, B. A.: 1958. Ingestion patterns in hyperphagic and normal rats. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 51. 1958. 135—141. o.

THORNDIKE, E. L.: Animal intelligence. MacMillan Comp. New York, 1911.

THORPE, W. H.: Experimental studies of animal behavior: Introduction. In Current problems of animal behavior. Ed.: Thorpe, W. H. and Zangwill, O. L. Cambridge Univ. Press, 1961. 87—101. o.

TINBERGEN, N.: The study of instinct. Clarendon Press, Oxford, 1951.

TOLMAN, E. C.: Purposive behavior in animals and men. The Century Co. New York, London, 1932.

TROLAND, L. T.: The fundamentals of human motivation. Van Nostrand, New York, 1928.

VARJASI EDIT: Teljesítmény-ekvivalencia és a kinesztétikus érzéklet tükröző funkciója. Pszichológiai Tanulmányok XI. 1968. 83—96. o.

- VERNEY, E. B.: The antidiuretic hormone and the factors which determine its release. *Proceedings of the Royal Society, B.* 135, 1947. 25—106. o.
- WALD, G.: Visual purple system in fresh water fishes. *Nature*, 139. 1937.
- WALD, G.: The chemical evolution of vision. *Harvey Lectures*, 41 .1945—1946.
- WALD, G., BROWN, P. K. and BROWN, P. S.: Visual pigments and depth of habitat of marine fishes. *Nature*, 180. 1957. 969—971. o.
- WALD, G., BROWN, P. K. and GIBBONS, J. R.: The problem of visual excitation. *J. Optical Soc. Amer.* 53. 1963. 20—35. o.
- WAGNER, R.: Probleme und Beispiele biologischer Regelung. Georg Thieme, Stuttgart, 1954.
- WARD, J.: A further investigation of the swimming reaction of *Stomphia coccinea*. *Amer. Zoologist*, 2. 1962. 567. o.
- WASON, P. C.: Reasoning. In: *New horizons in psychology*. Ed. Foss, B. M. Penguin Books, 1966.
- WEINER, B.: Theories of motivation: from mechanism to cognition. Markham, 1972.
- WOODWORTH, R. S.: Textbook of psychology. 1928.
- YANAGITA, T. M.: Physiological mechanism of nematocyst responses in sea anemone — III. Comparative biochemistry and physiology. 1. 1960. 123—139. o.
- ZIEGLER, H. E.: Die Phylogenie des Schmerzes. *Zoologischer Anzeiger*, 61. 1924. 43—48. o.
- ZOTTERMAN, Y.: Touch, pain and tickling. An electrophysiological investigation on cutaneous sensory nerves. *J. Physiol.* 95. 1939. 1—28. o.









*Megjelenik az Akadémiai Kiadónál*

**Kocsondi András**

## **MODELL-MÓDSZER**

*A modellek helye és szerepe  
a tudományos megismerésben*

Korunk tudományos megismerésében egyre nagyobb szerepet kap a valóság indirekt, modellek közvetítésével történő tanulmányozása. Egyre szélesebb körben, több tudományágban alkalmazzák az ún. *modell-módszert*. E módszer jellemzőinek feltárása megkönnyíti a tudomány jelenlegi sajátosságainak, tendenciáinak jobb megértését is.

A könyv első részében a szerző tudományelméleti szempontból vizsgálja a modell-módszer fogalmát és ismeretelméleti sajátosságait.

A második rész a tudományos kutatás folyamatában vizsgálja a modellezést. A könyv a modell-módszer gnoszológiai sajátosságainak részletes elemzése mellett tájékoztat a tudományok, főként a természettudományok néhány általános tudományelméleti problémájáról is.



**AKADÉMIAI KIADÓ • BUDAPEST**

Ára: 47,— Ft

ISBN 963 05 0849 4