

113339

KINCSESTAR

A MAGYAR SZEMLE TÁRSASÁG
KIS KÖNYVTÁRA

93. sz.

AZ EMBERI
IDEGRENDSZER

ÍRTA

MOSONYI JÁNOS

MAGYAR SZEMLE TÁRSASÁG
BUDAPEST

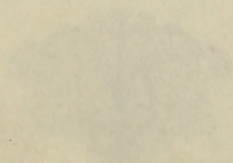


IDEGRENDSZERÜNK

IDEGRENDSZERÜNK

ROSINYI JÁNOS DR.

Magyar nyelvész és filológus, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja
Budapest, 1914.



UDT 1914. 10. 10.
KÖNYV-ÉRTÉKELŐ KÖZLÖNY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

A MAGYAR SZEMLE KINCSESTÁRA



IDEGRENDSZERÜNK

IRTA

MOSONYI JÁNOS DR.

*egyetemi magántanár, a Pázmány Péter
Tudományegyetem élettani intézetének
adjunktusa*



BUDAPEST, 1930

KIADJA A MAGYAR SZEMLE TÁRSASÁG

113339



A Magyar Szemle Társaság tulajdonában lévő
„Old Kenntonian Style” anyadúccokkal szedte és nyomta
a Tipográfiai Műintézet, Budapest, V, Báthory-utca 18

IDEGRENDSZERÜNK

Testünk a sejtek milliárdjaiból épül fel. Ebben a soksejtű organizmusban az életfolyamatok végbemenetele csak összerendezetten képzelhető el. Az összerendezettség viszont egy irányító középponti tényezőt feltételez, ami a számtalan sejtből felépült szervezet zavartalan működését biztosítja. Ez a szabályozó tevékenység középponti idegrendszerünknek feladata. Ez köti össze számos vezetőpályája révén a szervezet sejtjeit, szöveteit, szerveit egymással és a külvilággal s rendezett összeműködést tart fenn. Az idegek közvetítik az érzékszerveinkre ható ingerek útján a külvilág eseményeit és saját testünkben végbemenő folyamatokról is idegeink révén szerzünk tudomást. Idegek váltják ki a szervezetben lezajló életfolyamatokat és szabályozzák zavartalan végbemenetelüket. Idegtevékenységen alapszik továbbá a lelki élet megnyilvánulásai is. Az életfolyamatok lényege: a kívülről beható inger felvétele, az inger által kiváltott ingerület tovavezetése és az ingerületre bekövetkező reakció.

A reakcióképesség az élő szervezet legjellegzetesebb megnyilvánulása; a reakcióképesség annyit jelent, hogy a szervezet kívülről beható ingerekre felelni tud. Bár ez a jelenség minden élőlényen kimutatható, mégsem tekinthető minden reakció életfolyamat révén létrejöttnek. Utóbbiról csak akkor beszélhetünk, ha azon az élőlényen speciális idegrendszeri elemeket tudunk kimu-

tatni. A növényekben és alsóbbrendű állatokban hiányoznak az idegelemek, jóllehet a legkülönbözőbb reakciókra ezek is képesek. A magasabbrendű állatokban és az emberben a reagálóképesség az idegrendszer működésén alapszik.

Mielőtt az idegrendszer működésének törvényszerűségeit tárgyalnók, rövid áttekintést kell nyújtanunk az idegrendszer anatómiájáról és szövettani felépítettségéről.

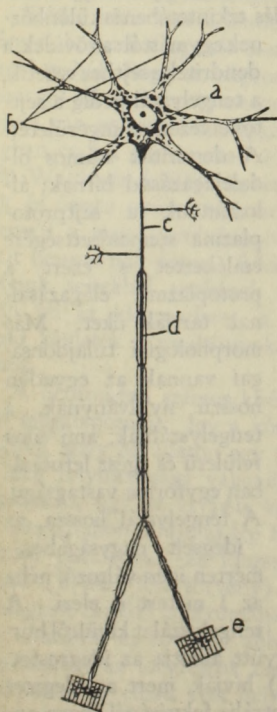
1. AZ IDEGRENDSZER ANATÓMIÁJA ÉS SZÖVETTANA

A múlt század 30-as évei óta tudjuk, hogy idegrendszerünk idegsejtekből és ezeknek a nyúlványaiból épül fel. A számtalan idegsejtből és idegrostból rendkívül bonyolult módon alkotott idegrendszert, a modern anatómiai és szövettani kutatások révén, ma már bámulatos tervszerűséggel felépített alkotmánynak ismerjük.

Az anatómia általában középponti és környéki idegrendszert különböztet meg. A középponti idegrendszert az agyvelő és gerincvelő alkotják. Mindkettő szürke- és fehérállományból áll. A szürkeállományban nagyszámban felhalmozva idegsejteket találunk, amelyek a környéki idegrendszerben csak egyes helyeken lelhetők fel. A fehérállományt az idegsejtek nyúlványai alkotják, amelyek mint idegrostok a környéki idegrendszernek is alkotórészei. Az idegrostok „idegeket” alkotva a középpont idegsejteitől a szervezet különféle szerveihez, izmokhoz, mirigyekhez mennek; a test felületétől (bőr) és a szervektől viszont a középponthoz vezetnek. A középponti (agyvelő + gerincvelő) és környéki idegrendszer (idegek) együttesen az ú. n. agy-gerincvelői (cerebrospinalis) idegrendszert alkotják.

Idegsejthalmazok, idegdúcok (ganglion) találhatók

az agy- és gerincvelő közelében, továbbá a környéki szervek állományában is. Ezek az alsóbbrendű idegközpontok idegnyulványrendszerükkel az ú. n. szimpatikus idegrendszert alkotják.



1. ábra. A neuron sémája.
(Raubert-Kopsch)

a) sejtmag, b) dendritek, c)
tengelyszál, d) idegburok,
e) végfácska.

Az idegsejt több nyulvánnyal bír, csupán mikroszkóp alatt látható képlet; nagysága 0.001—0.15 mm közt változik. A sejt alakját a nyulványok száma szabja meg. Az egynyulványu sejt többnyire hosszukás, vagy körtealaku, a kétnyulványu orsóalakot ölthet. A többnyulványu sejtek alakja rendkívül változó, lehetnek kör-, háromszög-, vagy csillagalakúak is. Az idegsejten kis nagyítás mellett szemcsés alapállomány, a sejtprotoplaszma és az ebbe ágyazott nagy gömb- vagy tojásalaku mag különböztethető meg. Tüzetesebb vizsgálattal, erős nagyítás mellett a protoplazmában finomabb képletek is kivehetők, így a Nissl-féle, más néven tigroid-szemcsék, továbbá a neurofibrillumok; kimutatásukhoz különleges festési eljárások szükségesek. Ezeknek a képleteknek különösen a működés szempontjából tulajdonítanak jelentőséget. Az

idegsejt felületéről kibocsájtott nyúlványok alacsonyabbrendű állatoknál nagyjában egyformák. A gerinceseknél ellenben a számos rövidnyúlványtól (dendritek) jól megkülönböztethető az egyetlen hosszú nyúlvány, a tengelyszál. A nyúlványok működés tekintetében is különböz-

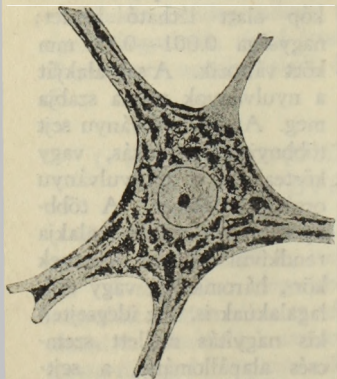
nek egymástól: a rövidek, a dendritek a sejthez vezetik, a tengelyszál pedig a sejttől elvezeti az ingerületet. A dendritek számos oldalágazással bírnak; átlományuk a sejtprotoplazma szemcsészettségére emlékeztet s ezért a protoplazma elágazásainak tartják őket. Más morfológiai tulajdonságai vannak az egyetlen hosszú nyúlványnak, a tengelyszálnak, ami sima felületű és egész lefutásában egyforma vastagságú.

A tengelyszál hossza, az idegsejt nagyságához mérten igen változó, néha az 1 métert is eléri. A tengelyszálat kívülről bur-

2. ábra. Idegsejt az ember gerinceleijéből thioninnal festve.

A protoplazmában látható thioninnal festődő apró képletek a tigroid szemcsék. Ezek a sejtmagban nem fordulnak elő. A dendritek és a tengelyszál le vannak vágva. A sejtmag közepén nagy, kerek magvacska látható.

kok veszik körül s ezekkel együtt alkotja az idegrostot. Tengelyszálnak (neurit, axon) hívják, mert az idegrost legfontosabb alkotóeleme és centrális fekvésénél fogva annak tengelyét alkotja. Ez a nyúlvány csak kevés számú oldalágat ad és egymagában, vagy több sejt idegnyúlványával ideget alkotva egy távolabb fekvő idegsejthez, izomhoz vagy mirigyhez vezet és itt faalaku elágazással

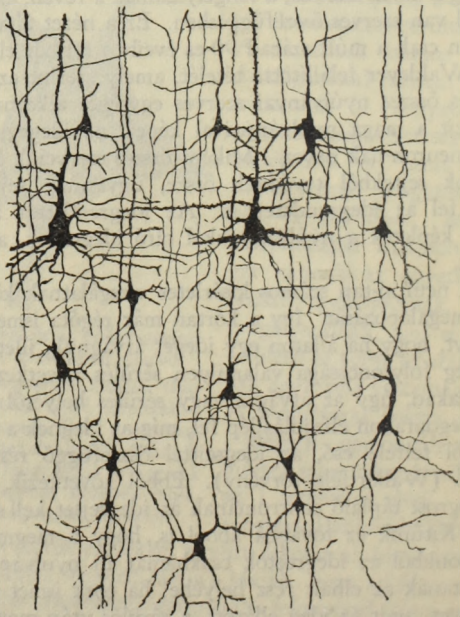


(végfácska) végződik. A tengelyszálat körülvevő burkok egyrészt táplálására szolgálnak, másrészt biztosítják az izolált ingerületvezetést, azaz meggátolják az ingerületnek átterjedését egyik idegrostról a másikra.

Sokáig vitás volt a kérdés, hogy az idegsejt és nyúlványai hogyan függnek össze egymással. Már His és Forel tudták, hogy az idegrost nem önálló képlet, hanem lényeges alkatrészének, a tengelyszálnak a révén, az idegsejttel van szerves összefüggésben. Ez a nézet általánosságban csak a múlt század 90-es éveiben terjedt el, amidőn Waldeyer felállította tételét, amely szerint az idegsejt és összes nyúlványai szerves egységet alkotnak; az idegsejt a maga nyúlványaival képezi az idegegységet, amit neuron-nak nevez. Miként összes szerveink és szöveteink sejtekből tevődnek össze, ugyanúgy sejtekből épül fel az idegrendszer is. Az idegrendszert alkotó elemi képletek a nyúlványokkal bíró idegsejtek, a neuronok.

A neuron-tan számos kísérletes vizsgálatnak köszönheti megalapozását. Így a kórtan már régóta ismeri azt a tényt, hogy ha állaton egy ideget átvágunk, illetve ha az ideg folytonossága valamilyen sérülés következtében megszakad, úgy az átvágás vagy sérülés helyétől lefelé eső idegdarabon elfajulás lép fel, míg az idegnek a sérült ponttól felfelé eső, az idegsejttel összefüggő része ép marad (Waller-féle törvény). Ebből következik, hogy az idegrost tápláló centrumának az idegsejtet kell tekinteni. Kitűnik ez továbbá abból is, hogy a megmaradt idegcsonkból az idegrostok csakhamar új nyúlványokat bocsájtanak az elhalt rész helyébe; ha ezek ismét eléri a szervet, amit az ideg ellátott, a sérülés után megszűnt funkció is újból helyreáll. Az általános sejtélettanból is ismeretes különben, hogy a sejt centrális részéről levált sejtrészek elpusztulnak, míg a sejtnak magot tartalmazó része ismét teljes regenerációra képes.

A neuron-tan megalapozásában Ramón y Cajal, spanyol anatómusnak alapvető vizsgálatai ugyancsak fontos szerepet játszottak. Már az olasz Golgi kimutatta különleges festési technikájával, hogy az idegsejt szer-
vesen összefügg a nyúlványaival. Golgi az idegszövetet egy fémsóval impregnálja, majd redukcióval leválasztja az átlátszatlan fekete fémcsapadékot, ami által az ideg-



3. ábra. Ezüsttel impregnált agyidegsejtek nyúlványaikkal.

A szövettani metszet a látókéregmezőből készült.
(Ramón y Cajal).

sejt és nyúlványai jól kivehetők lesznek. Ezzel az eljárással sikerült Ramón y Cajalnak és még számos kutatónak (Kölliker, Retzius, Waldeyer, Lenhossék, Biedermann) kimutatni, hogy egy idegsejttől, egy távolabb fekvő idegsejthez húzódó tengelyszál az utóbbi sejt dendritjeivel csak érintkezés révén kapcsolódik (per contactum), a két sejt nyúlványai nincsenek egymással folytatólagosan összekötve. E nézettel szemben áll Apáthy és Bethe felfogása, akik szerint a kapcsolódás úgy történik, hogy a két idegsejt nyúlványai egymásba teljesen átmennek (per continuitatem). Bár ennek az utóbbi felfogásnak az igazolására újabb időben tényleg sikerült is pozitív eseteket kimutatni, a leggyakoribb kapcsolódási formának mégis azt kell tekinteni, hogy az idegsejtek nyúlványai csupán érintkeznek egymással. Az egész idegrendszer tehát egymásmellé sorakozó neuronokból áll és az egyes neuron képviseli az idegegységet.

Alapvető fontosságú bizonyítékokat szolgáltatottak a neuron-elmélet helyességét illetőleg His és Harrison fejlődéstani vizsgálatai is. His-nek sikerült kimutatnia, hogy a fejlődés korai szakában az idegsejteknek megfelelő embrionális képletek, a „neuroblastok” nyulványt bocsájtanak ki magukból, ami a periferia felé nő és más neuroblastok nyúlványaival együttesen a periferiás ideget alkotja. Az ideget alkotó idegrostok tehát az idegsejtekből nőnek ki.

Legmeggyőzőbbek mégis Harrison fejlődéstani vizsgálatai, aki igen apró békálárvák idegrendszeréből nyulványtalan neuroblastokat tartalmazó kis darabot kevés békanyirokban továbbra is életben tartva, fedőlemez alatt több héten át megfigyelte, hogy ezek az embrionális idegsejtek a nyirokban épúgy fejlődtek, mintha a lárva testében maradtak volna. (4. ábra) Harrison pontosan figyelemmel kísérhette az idegrostoknak fokozatos kinövését a neuroblastokból. Ezeket a kísér-

leteket utána még számos szerző megismételte ugyanazon eredménnyel.



4. ábra. Az idegrost fejlődése.

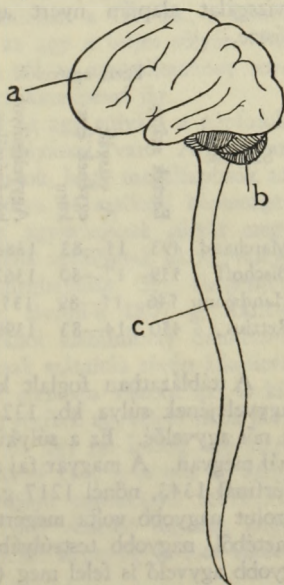
Ugyanaz az embrionális idegsejt-csoport
békanyirokba helyezése után a) 24,
b) 36 és c) 46½ órával.

Gerinceseknél a központi idegrendszer az agyvelőből és gerincvelőből áll. Az agyvelő a koponyaüregben foglal helyet, a gerincvelő a csigolyák alkotta gerinc-szatornában. Úgy az agyvelőt, mint a gerincvelőt három burok veszi körül. A külső burok a legerősebb (dura mater), a belső vérerekkel bőven ellátott fino-

mabb hártya (pia mater); ez fedi közvetlenül az agy és gerincvelőt. A két burok között foglal helyet a pókhálóburok (arachnoidea). A burkok közötti hézagokat, továbbá az agyvelő belsejében levő üregeket, az ún. kamrákat és a gerincvelő központi csatornáját folyadék tölti ki (liquor cerebrospinalis).

Az agyvelő nagyobb része, a nagyagyvelő (cerebrum), az elülső és középső koponyagödörben fekszik; a koponya kisebb hátulsó és alsó részét a kisagyvelő (cerebellum) tölti ki. Az agyvelőnek e két főrészt a nyúltagyvelő (medulla oblongata) köti össze a gerincvelővel. A nyúltagyvelő a kisagyvelő alatt a hátulsó koponyagödörben foglal helyet és éles határ nélkül megy át a gerincvelőbe. (5. ábra).

A múlt század 30-as éveitől számos emberi agyon végeztek méréseket, amelyekkel a férfi és női agyvelő átlagos súlyértékét, továbbá az agy súlyának összefüggését a fajjal, életkorral, testsúlylyal s az egyén szellemi képességeivel igyekeztek megállapítani. A különböző méréseknél előforduló hibaforrások következtében az értékek sokszor ellentmondóknak bizonyultak. Sok szerző



5. ábra. Agy-gerincvelő.

a) nagyagyvelő, b) kisagyvelő,
c) gerincvelő.

az agy súlyát és térfogatát nem közvetlenül, hanem a fej, illetőleg koponya körfogatából határozta meg. Így utólag állapították meg a koponyatérfogat alapján Dante (1420 g), Kant (1650 g) és Schiller (1580 g) agyvelejének súlyát.

A mellékelt táblázatban néhány szerzőnek számos vizsgálat alapján nyert agyvelősúlyértékeit foglaljuk össze.

Szerzők	Férfi agyvelők			Női agyvelők			Népfaj
	Esetek száma	A vizsgált egyének életkora	Agyvelősúlyok középértékei	Esetek száma	A vizsgált egyének életkora	Agyvelősúlyok középértékei	
Marchand	493	15—83	1388	288	15—83	1252	hesseni
Bischoff	559	17—80	1362	347	15—80	1219	bajor
Handmann	546	15—89	1355	468	15—89	1223	szász
Retzius	450	14—83	1399	250	14—77	1248	svéd

A táblázatban foglalt középértékek szerint a férfi agyvelejének súlya kb. 132—151 g-al nehezebb, mint a női agyvelőé. Ez a súlykülönbség az összes népfajoknál megvan. A magyar faj agysúlya Laufenauer szerint férfinél 1343, nőnél 1217 g. A férfi agyvelejének abszolút nagyobb volta megérthető a férfi magasabb termetéből, nagyobb testsúlyából: a nagyobb testnek nagyobb agyvelő is felel meg (Lenhossék). Az agy súlyának a testsúlyhoz viszonyított értéke a két nemből csaknem egyforma; a férfi relatív agysúlya csak alig valamivel haladja meg a nőét. Junker vizsgálatai szerint ez az arány a felnőtt férfinél 1 : 42 és a felnőtt nőnél 1 : 40. Marchand a testsúlyhoz viszonyított értéket nem tartja megbízhatónak, mivel a test tápláltsági foka tág határok közt változik. Egyesek szerint az agy súlya a test hosz-

szától is függ, még pedig az abszolút agysúly a testhosszal arányosan nő, a relatív súly ellenben csökken. Eltéréseket mutat az agy súlya az életkortól függően is. Így az élet első három negyedévében az agy súlya majdnem megduplázódik és a harmadik életév végéig már háromszorosára emelkedik. Ettől kezdve már lassúbb a súlyemelkedés; férfinél általában a 19—20., a nőnél a 16—18. életévben éri el az agy a teljes súlyát. Az aggkorban, a 60-ik életéven túl az agy állománya sorvadni kezd, ami az agy súlycsökkenésével jár.

Broca és Buschan szerint az agy súlyára a népfajok kulturális fejlettsége is befolyással van. Abban az irányban is történtek vizsgálatok, hogy megállapítsák az összefüggést az egyén agysúlya és szellemi képességei között. Több neves tudós agyvelejének súlyát meghatározva kitünt, hogy közülök számosnak az agyveleje az átlagos súlyértéket jóval meghaladta. Így Turgenjev agyvelejének súlya 2012 g, Byron-é 1807 g, Kant-é 1650 g, (a koponyaméretekből kiszámítva) Siemens-é 1596 g és Schiller-é ugyancsak számítás révén állapítva meg 1580 g volt. Ezekkel szemben viszont azt is kimutatták, hogy egyes kiváló férfiak agyveleje néha még az átlagos értéket sem érte el. Így pl. Liebig agyveleje csupán 1351 g-ot és Gambetta-é 1241 g-ot tett ki. Másrészt alacsonyabb intelligenciájú egyéneknél feltűnően súlyos agyat is észleltek. Több vizsgáló tagadja, hogy az agy nagysága és a szellemi képesség között szoros összefüggés állana fenn.

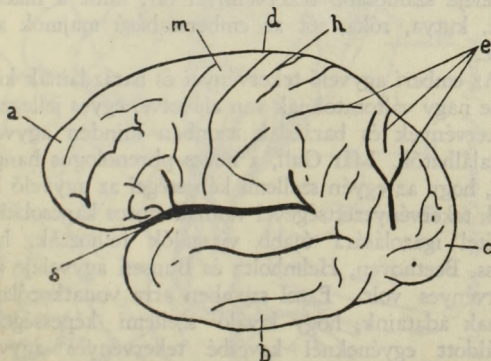
Érdekes adatokat szolgáltat a különféle állatok és az ember agyvelejének súlyát illetőleg az összehasonlító anatómia. Ezekből az adatokból kitűnik, hogy a gerincesek osztályába felfelé haladva az agy súlyának növekedésével együtt jár az agysúlynak relatív, azaz a testsúlyhoz viszonyított értékének emelkedése is. E viszonyokat az alábbi táblázat tünteti fel.

Állat	Az agy súlya g-ban	Az agy- és testsúly viszonya
Ponty	0.93	1 : 860
Béka	0.095	1 : 398
Teknősbéka	7.5	1 : 10280
Struc	29.0	1 : 1200
Kacsa	4.65	1 : 317
Kakas	3.4	1 : 446
Galamb	1.775—2.02	1 : 116—192
Veréb	0.795—0.877	1 : 26—33
Bálna	2490.0	1 : 25000
Juh	130.0	1 : 377
Ló	448.0—592.0	1 : 534
Elefánt	4660.0	1 : 439
Egér	0.376—0.415	1 : 36—55
Macska	32.0	1 : 128
Kutya	68.53—135.0	1 : 106—437
Bőgőmajom	47.6	1 : 72
Makákó	80.5	1 : 88
Orángután	400.0	1 : 134
Gorilla	425.0	1 : 213
Ember	1400.0	1 : 42

E táblázat adatai szerint az emberi agyvelő abszolút súlyértékét csak az elefánt- és a bálna-agyvelőé haladja meg; de az ember agyvelejének relatív súlyértéke az elefánténak még mindig tízszerese, a bálna agyvelejének azonban hatszorosát teszi. A többi állatok abszolút agysúlyát az emberi agyvelő kivétel nélkül meghaladja, de a relatív súlyértéket a kisebb madaraknál és az emlősöknél magasabbnak találták mint az emberekénél. Ki kell még emelnünk, hogy az emberszabású majmok agyveleje úgy az abszolút, mint a relatív súlyérték tekintetében jóval az emberi agyvelő mögött áll.

A nagy- és kisagyvelőt középvonalban mély hasadék

osztja jobb és balfélre, a két féltekére (hemisphaerium). A koponya tájainak megfelelően a nagyagyvelő mind-egyik féltekéjén négy karélyról beszélünk; (6. ábra) előtt fekszik a homlokkarély, oldalt a halántékkarély felül a falkarély és hátul a nyakszirtkarély. A nagyagyvelő felszínén több mély és felületes barázda látható; ezek



6. ábra. Nagyagyvelő oldalról nézve. A barázdák és tekervények sematikusan vannak feltüntetve.

a) Homloki, b) halántéki, c) nyakszirti, d) fali karély, e) agybarázdák, s) Sylvius-hasadék, m) mellső központi tekervény, h) hátsó központi tekervény.

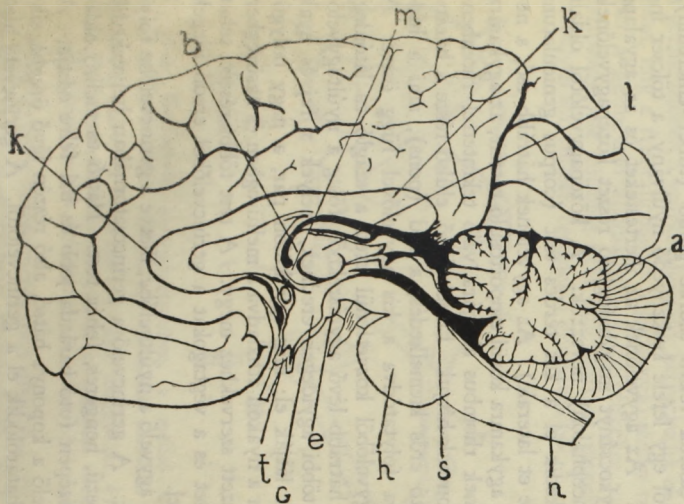
között vannak az agytekervények (gyrus). A féltekék felszínét a kb. 0.3 cm vastagságú szürkeállományú agykéreg (cortex cerebri) alkotja.

Összehasonlító élettani vizsgálatok, továbbá állatokon és kóros viszonyok közt embereken végzett megfigyelésekből megállapítható, hogy az agykéreg a lelki folyamatok székhelye. A kéregállomány fejlettsége tehát a szellemi képesség szempontjából nagy jelentőséggel bír. A gerincesek rendjében a fejlettség magasabb fokával az

agyféltekék nagyobb volta jár együtt és emellett a kéreg tekervényezettsége révén a féltekék felszíne is jelentősen megnagyobbodik. Ebből azt a következtetést vonhatnók le, hogy az állatok intelligenciája agyvelejük tekervényeinek számától függ. Egészen ilyen formában a tétel nem állítható fel, mert pl. a kérődzők és lovak agyveleje számosabb tekervénnyel bír, mint a macskafajok, kutya, róka, sőt az emberszabású majmok agyveleje.

Az emberi agyvelő tekervényei és barázdáinak kifejlődése nagy változatoknak van alávetve, egyes jellegzetes főtekervények és barázdák azonban minden agyvelőn megtalálhatók. Már Gall, a neves phrenologus hangoztatta, hogy az egyén szellemi képességei az agyvelő kérgének tekervényezettségével vannak szoros kapcsolatban. E tétel igazolására újabb vizsgálók felhozzák, hogy Gauss, Beethoven, Helmholtz és Bunsen agyveleje igen tekervényes volt. Ezzel szemben arra vonatkozólag is vannak adataink, hogy kiváló szellemi képességekkel megáldott egyéneknél kevésbé tekervényes agyvelőt észleltek.

A nagyagyí féltekék belsejében a nagymennyiségű fehérállományban még szürke dúcok is találhatóak (7. ábra), A két féltekét a harántul húzódó kérges test (*corpus callosum*) köti össze. A kérges test alatt vele összenőve találjuk az ívalakúan előről hátrafelé húzódó boltozatot (*fornix*). A nagyagyvelő haemisphaeriumaiban fekszenek az oldalsó agyvelőkamrák. Ezek a szimmetriás, páros kamrák a *Monro*-lik útján függenek össze a *median*-síkban fekvő páratlan harmadik agyvelőkamrával. Ez viszont lefelé szűk csatorna, a *Sylvius*-vezeték útján az ugyancsak páratlan negyedik agyvelőkamrával közeledik. A harmadik agyvelőkamra körül csoportosuló részeket közti agyvelőnek (*diencephalon*) hívjuk, aminek főrészét a vaskos szürke állományú látótelep (*thalamus*



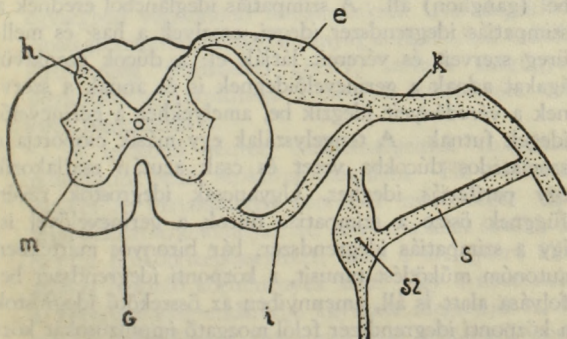
7. ábra. A jobboldali agyfélteke belső felszíne.

k) Kérgestest, b) boltozat, m) Monro-lik, l) látótelep, a) kisagyvelő, t) tölcsér, g) szürke gumó, e) emlőtest, h) híd, s) Sylvius-vezeték, n) nyúltvelő.

opticus) képezi. Idetartozik még az agykamra fenekét alkotó hypothalamus, amelynek részei az agyalapon kiemelkedő kerek fehér emlőtestek (*corpora mamillaria*) és az előttük fekvő szürke gumó (*tuber cinereum*), amelyről egy lefelé keskenyedő nyúlvány, a tölcser indul ki. Az agyvelőnek az ikertesteket és az agyalapi két agykocsányt magába foglaló részét középagyvelőnek (*mesencephalon*) nevezzük. A középagyvelőtől oldalt helyezkedik el a két térdes test (*corpus geniculatum mediale et laterale*). Az agyvelőnek hátrább eső, a negyedik agykamra körül csoportosuló részeit, az agykamra fenekének rhombus alakjára való tekintettel rhombencephalon-nak hívjuk. Ennek felső, elülső része a harántul futó erős kiemelkedés, a híd (*pons*), ami a hídkarokba folytatódva a kis agyvelővel függ össze. A nagyagyvelőből közvetlenül ered a szagló és látóideg, míg a hátrább lévő agyrészekből, főleg a nyúltagyvelőből a többi agyidegek erednek, melyek a fej és nyak szerveit látják el; míg egy külön pár, a nagy bolygóidegpár a nyakon áthaladva a mellüregben és hasüregben elhelyezett szervekhez megy. A test többi részét, tehát a törzset és a végtagokat a gerincvelőből eredő idegek látják el.

Az agyvelő a nyúltvelőbe, illetve a gerincvelőbe folytatódik. A gerincvelő a gerinccsatornában helyezkedik el; hosszú, hengeres, fehér test. Hátsó és mellső oldalon, középen futó barázda jobb és bal félre osztja. A nyúltvelő a koponya hátsó, alsó részén lévő öreglik síkjában határolódik el a gerincvelőtől. A gerincvelő alsó vége az 1—2. ágyékcsigolya magasságában van; tehát a gerinccsatorna ágyéki szakaszának legnagyobb részébe és az egész keresztcsatornába már nem nyomul be. A gerinccsatornának ezt a részét a gerincvelő alsó szakaszából eredő ideggyökérnyaláb tölti ki. A gerincvelő közepén szűk csatorna húzódik végig. A gerincvelőn is fehér

és szürke állomány különböztethető meg. A fehérállomány csak idegrostokat, a szürke, idegrostok mellett, főleg idegsejteket tartalmaz. Ellentétben az agyvelővel, a gerincvelőben a szürke állomány helyezkedik el centrálisan, míg a fehérállományt a gerincvelő szélén találjuk. Bár a gerincvelő állományán a szelvényekre való felosztottság jele külsőleg nem észlelhető, az idegek mégis szabályos sorrendben erednek a gerincvelőből.



8. ábra. Gerincvelő keresztmetszetben, a mellső és hátsó gerincvelőgyökerekkel. Oldalt egy szimpátiás törzsdúc látható.

m) Mellső szarv, *h)* hátsó szarv, *e)* érző ideggyökér, *k)* kevert ideg, *g)* gerincvelő fehér állománya, *i)* mozgató ideggyökér, *sz)* szimpátiás dús (ganglion), *s)* szimpátiás idegág.

A gerincvelőt keresztmetszetben vizsgálva, (8. ábra) láthatjuk, hogy a centrálisan elhelyezkedő szürke állomány H-alakot mutat; egy jobb- és egy baloldali részből áll, amelyek mindegyikén egy elülső és egy hátulsó szarvat különböztetünk meg. Az elülső szarvakból erednek a mozgató ideggyökök, a hátsókba az érző ideggyökök térnek be. Mind az elülső, mind a hátsó ideggyökök még a gerincsatornán belül egyesülnek,

felveszik a gerincoszlop mentén futó szimpatias törzsdúcokból jövő ágat és mint kevert idegek haladnak a különféle szervekhez. A szürkeállományt körülvevő fehérállományt az említett ideggyökerek elülső, hátulsó és oldalsó kötegre osztják.

A szimpatias idegrendszer centrális része a gerincoszlop mindkét oldalán végighúzódnó szimpatias ideglánc. Ez számos, egymással idegrostok révén összefüggő dúc-ból (ganglion) áll. A szimpatias idegláncból erednek a szimpatias idegrendszer idegei, amelyek a has- és mell-üreg szerveit és vérereit látják el; a dúcok ezenkívül ágakat adnak a gerincvelőidegnek is és annak a szervnek a véredényeit idegzik be, amelyekhez a gerincvelőidegek futnak. A tengelyszálak egy másik csoportja a szomszédos dúcokba vezet és csak azután csatlakozik egy periferias ideghez. Ugyancsak idegrostok révén függenek össze a szimpatias dúcok a gerincvelővel is; így a szimpatias idegrendszer, bár bizonyos mértékben autonóm működést tanúsít, a központi idegrendszer befolyása alatt is áll, amennyiben az összekötő idegrostok a központi idegrendszer felől mozgató impulzusokat közvetíthetnek. A szimpatias idegrendszer periferias fonaiba dúcok vannak iktatva, amiket ágducoknak nevezzünk.

2. AZ IDEGRENDSZER MŰKÖDÉSE

Az idegrendszer elemi alkotórészei, a neuronok, külső ingerek behatására a működés állapotába mennek át, ami abban áll, hogy a bennük keletkezett ingerületet egész lefutásukban továbbvezetik s azt más neuronokra, illetve szervekre viszik át. Működés közben a neuronban végbemenő folyamatok lényegéről még nincsenek biztos ismereteink; csupán néhány a működéssel együttjáró jelenséget sikerült a fiziológiai kísérletek révén

megfigyelni. A neuron működését érzékszerveinkkel közvetlenül nem észlelhetjük, de célhoz érhetünk kerülő úton is, ha a neuronműködéssel kapcsolatban az általa beidegzett szerveket, vagy a tengelyszálban (idegben) működés folyamán termelődő villamosáramot tesszük vizsgálat tárgyává. Ha pl. mozgató neuront akarunk vizsgálni, amelynek idegsejtje a gerincvelő mellső szarvában van beágyazva, úgy a vele kapcsolatban lévő izom működése fog felvilágosítást nyújtani a működő idegrendszerben végbemenő folyamatokról. Az idegek villamoságtermelése minden élő anyag működésénél észlelhető életjelenség (működési áram), aminek megfigyelése ugyancsak gyarapíthatja a neuron működésére vonatkozó ismereteinket.

A működő neuron életjelenségeinek vizsgálatához rendszerint békát szoktunk használni. Ha a béka szervezetét az érrendszeren keresztül mesterséges tápláló folyadékkal áramoltatjuk át, szervei sokkal tovább megtartják működőképességüket, mint a melegvérű állatok szervei hasonló körülmények közt. Így a neuronoknak a központi idegrendszerbe ágyazott idegsejtjei is, ha a tápláló folyadéknak oxigénnel való telítéséről gondoskodunk, sokáig megtartják életképességüket és ugyanúgy működnek, mint normális körülmények közt, amikor a vér szállítja számukra a tápanyagokat és az oxigént. Ilymódon a legkülönbélebb behatásokkal szemben vizsgálható az idegsejt viselkedése. Ha pld. meg akarjuk ismerni bizonyos anyag hatását az idegrendszerre, a kérdéses anyagot az átáramló folyadék útján juttatjuk el az idegsejtekhez és a működésben bekövetkező változásból következtethetünk az anyag hatására. Másrészt olyan összetételű átáramló folyadékot is készíthetünk, melyből bizonyos normális alkatrészek hiányzanak. Ilymódon ugyancsak a megváltozott működés révén a hiányzó anyag élettani jelentőségére nézve nyer-

hetünk felvilágosítást. Ez utóbbi módszerrel bizonyítható be pld. be az idegsejteknek nagyfokú érzékenysége a vérrellátással szemben. Csupán annyiban kell módosítanunk a kísérletünket, hogy az átáramló folyadékba nem vezetünk oxigént, azaz oxigénmentes folyadékot juttatunk az érrendszerbe. Ennek következtében az idegsejtek az elhasznált oxigén helyébe az oxigénmentes folyadékból új oxigént nem vehetnek fel; és ha ilyenkor ingerek érik az idegsejtet, csakhamar a kifáradás jeleit fogjuk észlelhetni, amelyek abban nyilvánulnak, hogy az idegsejt ingerlésére bekövetkező hatás (mozgató neuronnál izomrángás) nem lesz olyan kifejezett, mint amilyen volt, amikor az átáramló folyadék bőven tartalmazott oxigént. Az ingerlékenység mellett bekövetkezett gyengébb hatás mellett kimutatható továbbá az is, hogy az ingerületi állapot lezajlása után az idegsejt rövid időre az ingerlékenységét is elveszti (refractio-stádium); egy újabb inger csak rövidebb, vagy hosszabb idő elteltével lesz ismét hatásos.

Az idegsejteknek e nagyfokú érzékenysége az oxigénellátással szemben melegvérű állaton, házinyulon végezhető kísérletből is kitűnik. Mint említettük, élő állatnál a vér szállítja a sejteknek a szükséges oxigént. Ha tehát meggátoljuk, hogy a vér a gerincvelő idegsejtjeihez eljusson, azoknak oxigént szállítson, akkor ezek a sejtek rövid időn belül beszüntetik működésüket. Ezt a kísérletet a következőképen végezzük: megfogjuk a házinyul hátát, a has bőréen keresztül kikeressük a gerincoszlop mentén, közvetlenül a rekeszizom alatt lüktető aortát és mutatóujjunkkal leszorítjuk. Az állat eleinte menekülő mozgásokat végez a hátsó végtagjaival, amelyek rövid idő múlva petyhüdtek lesznek és végül teljesen megbénulnak. Megszűnik a hátsó végtagok bőrének érzékenysége is; tűszúrással reakciót nem válthatunk ki. Ha az aorta leszorítását megszüntetjük s a

normális vérkeringés helyreáll, a bénulási tünetek és az érzéstelenség néhány perc alatt nyom nélkül elmúlnak.

Az oxigénfelvétel meggátlása folytán a működő idegsejtben fellépő ingerlékenységcsökkenést a sejt elfáradásának kell tekintenünk. Az oxigén hiánya egyrészt csökkenti a sejt energiatermelését, másrészt tökéletlen lesz a működés folyamán keletkező bomlástermékek elégeése s ezek mint „fáradási anyagok” a sejtben felhalmozódva, megbénítják a sejtműködést. Az elfáradás folyamán a sejtekben végbemenő kémiai változásokra vonatkozólag különösen Mosso, Verworn, Gelpert és Zuntz végeztek működő izmokon alapvető kísérleteket. Oxigénmentes térben működtetett kivágott békaizmon kimutatható, hogy az izom csakhamar elfárad és az elfáradás akkora fokot érhet el, hogy az izmot bármilyen erős ingerrel nem lehet többé összehúzásra bírni. Az elfáradásnak e stádiumában az izom állományában nagymennyiségű tejsav és foszforsav felhalmozódását lehet kimutatni. Ha ellenben oxigént juttatunk a kamrába, melyben az izom fel van függesztve, a fáradást előidéző anyagok az izomból csakhamar eltűnnek, az izom teljesen felfrissül és működőképessége újból helyreáll. Feltételezhető, hogy oxigénhiány következtében a működő idegsejtben ugyancsak tejsav és egyéb fáradási anyagok halmozódnak fel, amik a sejt ingerlékenységének csökkenését idézik elő. Az idegsejt normális ingerlékenységi állapota, működőképessége újból visszatér, ha a fentebb leírt kísérletben az átáramoltató folyadékot oxigénnel telítjük és így a sejtnek módot nyújtunk arra, hogy a felhalmozódott tejsavat és egyéb bomlástermékeket eltüntesse.

Richet és Brocának melegvérű állatokon végzett vizsgálataiból tudjuk, hogy az élő szervezetben az idegsejt működését, egyszeri ingerületi állapotát ugyancsak egy nagyon rövid, csupán $\frac{1}{10}$ másodpercig tartó refractió-

stádium (ingerlékenységcsökkenés) követi; másszóval, hogy az idegsejt reáható ingerekkel 1 másodperc alatt csak tízszer hozható ingerületbe. Ha szaporább ingerek érik az idegsejtet, az ingerek teljesen hatástalanok lesznek, a sejt egyáltalában nem reagál. Kísérleti úton meggyőződhetünk arról, hogy hány ingert küldhet a pyramispálya egyes neuronjának az agykéregben levő idegsejtje másodpercenként, ha pl. kétfejű felkarizmust akaratlagosan összehúzzuk. Az izomnak ezt a tartós összehúzódását, ami külsőleg egyenletes folyamatnak tűnik fel, ugyanis számos, a központi idegrendszer felől jövő inger tartja fenn. Ez kitűnik abból, hogy az összehúzódt izom felett alkalmas készülékkel hallgatózva, bizonyos magasságú hangot hallhatunk, ami csak egymást szaporán, igen rövid időközökben követő folyamatoknak lehet a következménye. Az izomhang magasságából megállapították, hogy az agykéreg idegsejtjeiből másodpercenként 20 ingernek kell az izomhoz érkeznie az állandó összehúzódás fenntartásához. Az összehúzódó izmon kimutatható működési áram vizsgálatából a másodpercenkénti ingerek számát újabban 50–60-ra becsülik. Ezekből a kísérletekből láthatjuk, hogy az agykéreg idegsejtjei akaratlagos működésnél másodpercenként kb. csak 50-szer jöhetnek ingerületbe.

Fokozott munkateljesítmény következtében átmenetileg az élő szervezetben is beállhat az idegsejtek elfáradása. A vér és a nyirok azonban állandóan új oxigént szállítanak a sejteknek az elhasznált helyébe, amelyek így a fáradási anyagok elégetése révén újból visszanyerik működőképességüket.

A felsorolt megfigyelésekből kitűnik, hogy az idegsejtekre ható ingerek bizonyos körülmények között nemcsak, hogy nem hozzák ingerületbe a sejtet, hanem épen ennek az ellenkezőjét idézik elő: gátló hatást gyakorolnak a neuron működésére. A gátló hatás főleg a fára-

dási anyagok felhalmozódása révén jön létre. Ez a hatás természetesen úgy is előidézhető, hogy a fáradási anyagokat kívülről visszük be a sejtbe. Ezt kísérletileg klasszikus módon bizonyította be Mosso, aki egy erősen kifárasztott kutya vérét egy pihent állat vérpályájába juttatta, amire az elfáradás tünetei ez utóbbi állaton is mutatkoztak. Ezeknek a tényeknek a gyakorlati jelentősége is nagy. A narkózis ugyanis azon alapszik, hogy bizonyos anyagokat (aether, chloroform, chloralhydrat) juttatunk a központi idegrendszer sejtjeibe, amelyek ott felhalmozódva meggátolják a sejt égésfolyamatait, leszállítják az ingerlékenységét, egyszóval bénítják a sejt-működést.

A működő idegsejten megfigyelhető néhány életjelenség ismertetése után még a működő neuron másik fontos részében, a tengelyszálban végbemenő folyamatokat kell röviden vázolnunk. A tengelyszál rendeltetése az idegsejtben keletkezett vagy egy másik neuronról átvett ingerületnek a tovavezetése. Régebben az a nézet uralkodott, hogy az idegek mint a távíróhuzalok, tehát fémes vezetőik, továbbítják az ingerületet, azaz ők maguk e művelet közben teljesen passzive viselkednek. Ezt a feltevést igazolni látszott az a kísérleti tény is, hogy az idegek működés közben az anyagcsere jeleit nem mutatják. Ujabban azonban Thunberg-nek sikerült nyugvó idegen is kémiai változást, széndioxidtermelést és oxigénelhasználást (bár csak nyomokban) kimutatnia, sőt Haberlandt és Tanhira működés közben az anyagcserefolyamatok fokozódását is észlelték. Arra vonatkozólag is vannak adataink, hogy az oxigénhiány az ideg működőképességét lassanként megszünteti. Mivel azonban az ideg anyagforgalma igen csekély, az ideg nagymértékben független a táplálkozási viszonyoktól s ezért csak nehezen fárad el és a legkevésbé érzékeny a vérellátással szemben. Refractió-stádium az idegen is

kimutatható, de ez rendkívül rövid: békaidegen pl. $\frac{1}{500}$ másodperc. Ezek az észleletek tehát amellest szólnak, hogy a tengelyszál ingerületvezetése nem tekinthető egyszerűen fizikai folyamatnak, hanem az ingerületvezetés lényegét az élő idegállományban végbemenő kémiai változások képezik és az ingerület tovaterjedése a tengelyszálban részecskéről részecskére történik. Ezt azok a kísérleti megfigyelések is bizonyítják, hogy az ideg működése közben villámáramot termel. A működési áram ugyanis csak az élő, az ingerületvezetésben aktíve is szereplő idegállománynak lehet a terméke. Az ingerületvezetés valószínűleg úgy megy végbe, hogy a működő részecske működési árama inger gyanánt hat a szomszédos részecskére és így terjed végig az egész idegroston. Bernstein vizsgálatai szerint ugyanis a működési áram tovahaladásának sebessége az idegen azonos az ingerület tovaterjedésének sebességével.

Az ideg ingerületvezető sebességének mérését sokáig megoldhatatlan problémának tartották; először Helmholtz-nak sikerült 1850-ben aránylag könnyen kivihető kísérlettel az ingerületvezetés sebességét az idegben megállapítani. A kísérleti berendezéshez egy az idegével összefüggő kivágott békaizom szükséges, amit úgy függesztünk fel, hogy egyik végét állványra erősített csípőbe fogjuk, másik végére pedig a tengelye körül könnyen forgó emelő-írórt erősítünk; az ideget két elektródpárral ellátott asztalkára fektetjük. Amidőn az idegnek villamosárammal való izgatására az izom összehúzódik, felemeli az alsó végére erősített emelőt és az emelő elmozdulását egy kellő gyorsasággal mozgó kormozott üveglapra iratjuk fel. Időjelzőül az izomgörbe alá másodpercenként százszor rezgő hangvilla hullámait is feljegyeztetjük. A kísérlet további menete most az, hogy egy izomgörbét úgy veszünk fel, hogy az ideget közvetlenül az izom mellett lévő elektródpárral izgatjuk, és

egy második izomgörbe felvételénél az izgatást az idegnek az izomtól távolabb fekvő pontján (a másik elektród-párral) végezzük. Ez utóbbi esetben az ingerületnek az izomig hosszabb utat kellett befutnia, miért is a második izomgörbe később emelkedik fel a nyugalmi helyzet vonalából. Az ingerületvezetés sebességének megállapításához le kell mérnünk az ideg két izgatási pontja közti távolságot, továbbá meg kell határozni a két izomgörbe kezdete közötti időkülönbséget, amit a hangvillahullámok száma ad meg. Az utat elosztva az idővel, kapjuk a sebességet. Melegvérű állatok idegein az ingerületvezetés sebessége 60—80 méter másodpercenként, békáén 30 m. Különböző állatok idegein a vezetés sebesség ugyanazon hőfok mellett is igen eltérő lehet; ha a velőshüvely vastagabb, a vezetés általában gyorsabb. Velőshüvelynélküli idegrostok ingerületvezetése százszor kisebb, mint a velőshüvelyűeké.

Az ideg ingerületvezető képességének befolyásolhatóságára vonatkozólag is vannak kísérleti adataink. Említettük, hogy az oxigénhiány az ideg működőképességét lassankint megszünteti. Ez a Baeyer-féle kísérletből is kitűnik: az oxigénkizárás mellett, csupán nitrogént tartalmazó kamrába helyezett ideg bizonyos idő múlva teljesen beszünteti működését. Grünhagen vizsgálatai szerint a széndioxid és bizonyos narkotikumok (aether, chloroform) ugyancsak megváltoztatják az ideg ingerlékenységét és vezetőképességét. A széndioxid az ideg ingerlékenységét szállítja le, míg vezetőképességére nincs befolyással. Az aether mind a kettőre hat: az ingerlékenység leszállítása mellett a vezetőképességet is megszünteti.

Az idegegység általános élettani tulajdonságainak jellemzése után áttérhetünk az idegrendszer működésében megállapítható egyéb törvényszerűségek tárgyalására.

Az idegrendszer tevékenység öt készülék működéséből tevődik össze:

1. az ingerfelfogás az érzékszerv (receptor) útján történik;
2. az ingerületet a centripetális idegek vezetik a központhoz;
3. a centrum fogja fel az ingerületet;
4. a centrifugális idegek vezetik azt az izomhoz vagy mirigyhez;
5. aminek folytán létrejön e szervek (reactorok) működése.

A centripetális idegeket, melyek az agyhoz és a gerincvelőhöz vezetik az ingerületet, érző idegeknek hívjuk; azokat az idegeket pedig, amelyek az ingerületet az agyból és gerincvelőből elvezetik (centrifugális vezetés), ha izomhoz mennek, mozgató idegeknek, ha mirigyet látnak el, elválasztó idegeknek nevezzük.

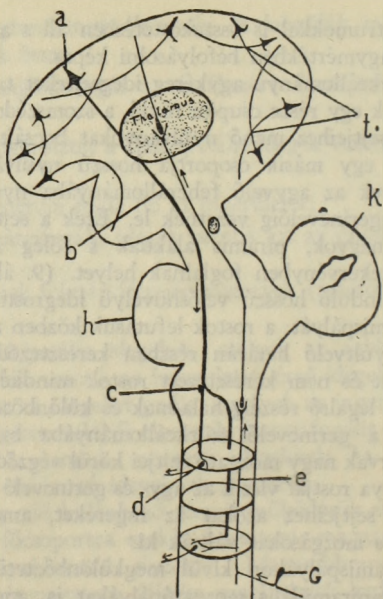
Az agyvelő különböző részeit működésük szempontjából két főcsoportra szokás felosztani: magasabbrendű és alacsonyabbrendű részekre. Magasabbrendű agyrészlet a két nagyagyi félteke, amelyeknek legfontosabb alkotórésze az agykéreg, a tudatos és akaratlagos működések székhelye. Az alsóbbrendű agyrészek csoportját a kisagy, a hid, a nyúltvelő, az ikertestek és a nagyagyi dúcok alkotják. Ezeknek a tudatos és akaratlagos psychikus tevékenységekben nincsen szerepük, hanem a tudattól és akarattól függetlenül szabályozzák a szervezetben végbemenő bonyolult életfolyamatokat. A nagyagykéreghez jutnak el a centripetális érzőidegek közvetítésével úgy a testfelületről, mint a belső szervektől jövő ingerületek, ahol tudatos érzésekké lesznek; ugyan csak az agykéreg bizonyos területeiről indulnak ki centrifugális idegpályák, amelyek révén az akaratlagos mozgás-ingeretek jutnak el az izmokhoz. Az agykéreg az alsóbb-

rendű centrumokkal is összeköttetésben áll s azok működését nagymértékben befolyásolni képes.

A szürkeállományu agykéreg idegsejteket tartalmaz, amelyeknek egy része csupán rövid, a szomszédos kéregterületek sejtjeihez menő nyúlványokat bocsájt ki. Az idegsejtek egy másik csoportja hosszú nyúlványokkal bír, amelyek az agyvelő fehérállományába nyúlnak és egészen a gerincvelőig vezetnek le. Ezek a sejtek meg lehetőszen nagyok, piramis alakúak s főleg az elülső központi tekervényben foglalnak helyet. (9. ábra). A belőlük kiinduló hosszú velőshüvelyű idegrostok alkotják a piramispályát; a rostok lefutásuk közben a gerincvelő és nyúltvelő határán részben kereszteződnek. A keresztezett és nem keresztezett rostok mindkétoldalt a gerincvelő legalsó részéig haladnak és különböző magasságokban a gerincvelő szürkeállományába belépve, a mellső szarvak nagy mozgató sejtjei körül végződnek. A piramispálya rostjai viszik az agy- és gerincvelő mozgató idegeinek sejtjeihez azokat az ingereket, amelyek az akaratlagos mozgásokat váltják ki.

A piramispályákon kívül megkülönböztetünk még ú. n. extrapiramidális mozgatópályákat is, amelyek az agykéregtől a gerincvelőig haladva egyszer vagy többször átszatólódnak, azaz a piramispálya egyetlen neuronja helyett több neuronból állanak.

Működés szempontjából a piramispálya keresztezett rostjai bírnak nagyobb jelentőséggel. Ezeknek megszakítása bénulást idéz elő, de a nemkeresztetett rostok ilyenkor a működést többé-kevésbé átvehetik. A piramispálya rostjainak lefutásából könnyen megérthető, hogy ha a pálya megszakítása a nagyagyban, a kereszteződés helye előtt jön létre, akkor a bénulás a test ellenkező oldalán lép fel, míg ha a gerincvelőben sérül meg a pálya, a bénulás azonos oldali lesz. A bénulást előidéző okok közül gyakori az agyvérzés (agyguta),



9. ábra. Piramis- és érzőidegpályák sémája.

a) Piramis alakú idegsejt, b) piramis-pálya, c) piramis-pálya kereszteződése, d) a mellső szarvak nagy mozgató idegsejtjei, t) társító (asszociációs) pályák, g) csigolyaközi dúc, e) érző-pálya, k) kis-agyvelő, h) híd.

amikor az ér falának megrepedése következtében (ér-
elmeszesedés) a vér az agy állományába jut s nyomást
gyakorolva a különféle agyképletekre, esetleg csupán
átmeneti működési zavarokat vagy végleges degenerációt
idézhethet elő. A vér felszívódásával a kóros állapotban
javulás állhat be. Ha csak az egyik oldal pályái sza-

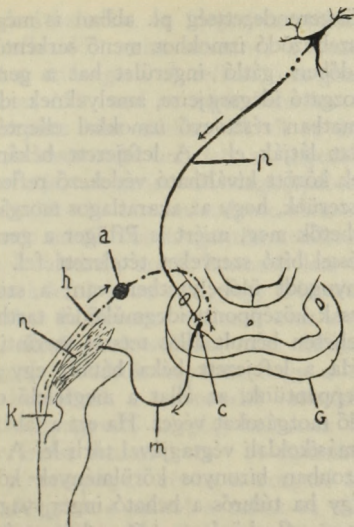
kadnak meg, úgy a bénulás lényegesen javulhat, mert mint említettük, a nem kereszteződött rostok helyettesíthetők működésükben a degeneráltakat. A központi idegrendszerben születés után a folytonosságában megszakadt pályák sohasem gyógyul össze, azaz többé vezetni nem képes, mindig csak más pályák pótló működése hozhat létre javulást a bénulásban. A bénult végtagok izmai is másképp reagálnak, ha a sérülés magát a piramispályát érte és másképp, ha a gerincvelő nagy mozgatósejtjei pusztulnak el, melyek körül a piramispálya neuronjai végződnek. Előbbi esetben az izmok fokozott tónusával állunk szemben, miért a bénulásnak ezt a formáját spasztikus, görcsös bénulásnak is hívjuk. Ha ellenben a gerincvelő mellső szarvából az izomhoz haladó neuron pusztul el, a bénult izmok petyhüdtek lesznek és az előbbi esettel szemben reflex úton sem bírhatók többé összehúzódásra. A piramispályáknak legnagyobb jelentőségük az ember szervezetében van, ahol az agykéreg középpontjai közvetlen befolyást gyakorolhatnak a gerincvelői tevékenységekre; az alsóbbrendű emlősök-nél az önállóan működő kéregalatti központok s ezeknek a gerincvelővel összefüggő pályái vehetik át a piramispályák szerepét.

A centrifugális, mozgató idegek egyenesen haladnak a gerincvelőtől a megfelelő izmokig. A centripetális (érző) pályák azonban mindig előbb a csigolyaközi dúccal függnek össze (9. ábra). A csigolyaközi dúc idegsejtjei T-alakú nyúlvánnyal bírnak; a nyúlvány egyik szára a periferiáról jön, (bőr, szervek) a másik a gerincvelő hátsó szarvába térve két ágra oszlik, melyek közül az egyik mint centripetális pálya halad felfelé, a másik rövid, lefelé folytatódik és oldalelágazásokkal bír. Az érző agyidegekkel összefüggő pályák is centripetális pályák. A centripetális pálya periferiás része a testfelület-ről, vagy a szervektől jövő ingerületet a gerincvelőbe,

majd a pályának a gerincvelőben haladó szakasza mentén egy vagy több átcsatolás után az érző agykéregterülethez vezet. Az érző agyidegek pályái nem haladnak a gerincvelőben, de ugyancsak többszörös átcsatolás után jutnak el a halló-, látó-, illetve szagló-középpontokhoz. Mint már említettük, a centripetális pályáknak nem minden egyes rostja halad fel az agykéregig, a rostok egy része a középponti idegrendszernek mélyebben fekvő részeihez vezet s a reflexműködés szolgálatában áll.

A gerincvelő a benne haladó pályák révén a nagyagyat a gerincvelő-idegekkel köti össze s így működése egyrészt az ingerületek vezetésében nyilvánul, másrészt önálló központi szervnek is tekintendő, amennyiben a gerincvelő szürkeállománya reflexfolyamatok középpontja.

Reflexnek azt a folyamatot nevezzük, amelyben egy centripetális idegpálya izgatására egy centrifugális pálya ingerülete jön létre, azaz a centripetális pálya felől érkező ingerület a középpont beiktatásával centrifugális pályára tevődik át. Ebben a működésben a tudatnak és akaratnak szükségképen szerepe nincsen. A reflex létrejötté a reflexív épségéhez van kötve (10. ábra). A gerincvelőben a reflexív egyik szárát a hátsó gerincvelőgyökérrel haladó rövid centripetális pálya idegrostjai képezik, melyek azonos oldalon a gerincvelő mellső szarvának nagy mozgató idegsejtjei körül végződnek. Ezek az idegsejtek alkotják a reflex középponti szervét; a reflexív másik szára a mellső szarvak idegsejtjeitől kiinduló és az izmokhoz vezető idegrostokból áll. A reflex úgy jön létre, hogy az inger az ingerfelfogó készülékre hat, ahonnan az ingerület a centripetális idegek mentén eljut a megfelelő középponthoz, majd az idegsejten át a centrifugális pályára tevődik át, amely a megfelelő szervhez, reactorhoz vezet. Ha a reflexív valamelyik részén megsérül, a reflex nem váltható ki. Így kimaradnak a



10. ábra. A reflex-gépezet sémája.
(Térdreflex, Bing után.)

g) Gerincvelő, p) piramis-pálya, m) a reflex-ív mellső szára (mozgató neuron), h) a reflex-ív hátsó szára (érző neuron), c) a reflex-ív központja (a mellső szarv nagy mozgató idegsejtje), n) négyfejű combizom, k) térdkalács, a) csigolyaközi dúc.

reflexek a hátsó vagy mellső gyökök átvágása után, továbbá ha a reflexközpontot pl. a gerincvelőt elrönszöljük. A reflex öröklött berendezésen alapuló gépies működés, tehát sem gyakorlást, sem megtanulást nem kíván, hanem már a legelső alkalommal is teljes szabadsággal folyik le. Bármennyire gépiesek is a reflexek, mégis az összerendezettség és célszerűség jellegével bír-

nak. Az összerendezettség pl. abban is megnyilvánul, hogy az összehúzódó izmokhoz menő serkentő ingerületekkel egyidőben gátló ingerület hat a gerincvelőnek azokra a mozgató idegsejtjeire, amelyeknek idegrostjai a reflexfolyamatban résztvevő izmokkal ellentétes működésű izmokat látják el. A lefejezett békán normális körülmények között kiváltható védekező reflexmozgások annyira célszerűek, hogy az akaratlagos mozgásoktól alig különböztethetők meg, miért is Pflüger a gerincvelőben lelkiműködéssel bíró szerveket tételezett fel. A lefejezett béka nyugodt ülőhelyzetben van; a szimmetrikus testtartást csak középponti idegműködés tarthatja fenn, miután a teljesen bénult állat tetszés szerinti helyzetbe hozható. Ha a lefejezett béka hátára egy csepp híg kénsavat cseppentünk, az állat a megfelelő oldali végtagjával törli mozgásokat végez. Ha ezt a lábát lefogjuk, a kénsavat másikoldali végtagjával törli le. A reflex célszerűsége azonban bizonyos körülmények között megszűnhetik; így ha túl erős a beható inger, vagy túlságosan fokozott a reflexközéppont ingerlékenysége, amikor az ingerület nemcsak a reflexíven halad át, hanem más idegrendszeri területekre is áttérjed. A reflexcentrumok ingerlékenységére fokozólag hat pl. a strychnin, a tetanustoxin; ilyenkor a működő izmokkal egyidejűleg az ellentétes működésűek is összehúzódnak és reflexgörcsök állnak elő. Előállhatnak végül olyan körülmények is, hogy a reflex kifejezetten káros lesz. A lefejezett kigyó pl. nemcsak a botra, hanem a tüzes vasra is rácsavarodik.

A centripetális pályán haladó ingerület nemcsak mozgatóidegekre, hanem elválasztó idegekre is áttérjedhet. Így a szembehullott koromszemcse a szemkötőhártya érzőidegvégződéseinek izgatása folytán bő könnyelválasztást idéz elő.

A reflexmozgás az ingerbehatás után csak bizonyos idő múlva áll be. Ez a késés onnan származik, hogy az

ingerületnek áthaladása az idegsejten több időt vesz igénybe (reflexidő), mint amennyi a vezetéken való áthaladásához szükséges. A reflexidő meghatározásához megmérjük az időt, ami az inger behatása és a reflexmozgás létrejötte közt eltelik. Ebből az értékből még az az idő is levonandó, amialatt az ingerület az idegpályákat befutja. A gerincvelő idegsejtjeiben az ingerületáttétel kb. 20—30 ezredmásodperc alatt megy végbe. Természetesen minél több idegsejtátcsoláson kell az ingerületnek áthaladnia, annál hosszabb lesz a reflexidő.

A reflexek lefolyására a nagyagy módosítólag, illetve gátlólag hathat és bizonyos reflexek csak a nagyagy kapcsolása, illetőleg eltávolítása után folynak le teljes szabatsósággal. Tudjuk ugyanis, hogy a centripetális pályák ágakat adnak a gerincvelői reflexközpontokhoz, de a nagyagyvelő kérgéig haladnak fel s így a reflexinger érzést hozhat létre. A reflexközpontok, továbbá a piramispályák révén a mozgató kéregmezőkkel is összefüggnek s ezáltal a reflex az akarat hatása alá kerül (10. ábra). Ha viszont az agykéreg érzőtájéka asszociációs neuronok révén az agykéregi mozgatókéregmezőkkel is vezető összeköttetésbe jutnak, akkor a gerincvelői reflexívre egy magasabb, az agykérgen áthaladó reakcióív épül rá, amelynek működése azonban, a reflex-szel szemben, tudatos és akaratlagos. (l. 52. l.) Akarattal csak azok a reflexmozgások gátolhatók meg, amely mozgásokat akaratlagosan elő is tudjuk idézni. Így a szembeeső fény hatására beálló pupillaszűkülést nem tudjuk megakadályozni. De már bizonyos mértékig meggátolható a köhögés vagy a tüsszentés reflexe. Ha alvó ember talpát megcsiklandozzuk, elhúzza a lábát. Ez ugyancsak reflexfolyamat és könnyen váltható ki, mert az alvás folyamán az akarat befolyása a reflexre nem érvényesülhet. De éber állapotban ennek a reflexnek a létrejötte meggátolható. Ugyancsak a reflex aka-

ratlagos befolyásolhatósága mellett szólnak Goltz kísérletei, aki lefejezett békán a hát bőrének enyhe simogatásával brekegő reflexet tudott kiváltani.

A reflexfolyamat kiváltásához néha nem elégséges egy inger. Sűrűen ismétlődő vagy állandóan beható ingerekkel a reflexek könnyen kiválthatók. Sokáig érezhetjük pl., hogy gégenket kis nyákcseppecske izgatja, de az inger csak bizonyos idő múlva lesz elég erős ahhoz, hogy köhögésreflexet váltson ki. Ha ellenben kenyérmorzsa jut a gégebe, a reflex azonnal kiváltódik és a morzsa köhögés révén eltávolíttatik. Az előbbi esetben az egyes gyenge ingerek, a huzamos behatás folytán összegeződtek és bizonyos ingererősség elérésekor jött csak létre a köhögésreflex.

A csontvázizomzat reflexmozgásain kívül, a szervezet belső szervein is észlelhetünk olyan izomműködéseket, amelyek ugyancsak a gerincvelő szürke állományának közreműködésével reflektorikus úton jönnek létre. Ezeknek a reflexcentrumoknak a működése az élő szervezetben magasabbrendű, nyúltvelői reflexközéppontok befolyása alatt áll, de önálló működésre is képesek. Ez kitűnik abból, hogy a reflexek akkor is zavartalanul folynak le, ha a gerincvelőt a nyúltvelő határán átvágjuk, az összeköttetést gerinc- és nyúltvelő között megszüntetjük. Befolyást gyakorolhat továbbá a gerincvelői reflexközéppontok egyik-másikára a nagyagykéreg is, amennyiben bizonyos emlékképek felidézésével, vagy akaratlagosan e reflexek kiválthatók, vagy meggátolhatók. E reflexközéppontokból kiinduló mozgatópályák az autonóm idegrendszer körébe tartoznak. Ilyen középpontok a gerincvelő nyaki és háti részének határán levő pupillatágító középpont, a gerincvelő ágyéki és keresztcsonti részében levő vizeletkiürítő és sexuális reflexközéppontok. Kutyán végzett kísérletekből azonban kitűnt, hogy a hatodik nyakcsigolyától lefelé terjedőleg

az egész gerincvelő elroncsolása után is a vizelet és bél-sárürítés, továbbá a sexuális tevékenység egészen normálisan folyhat le. Ez csak úgy érthető meg, hogy azokat a reflexközpontokat, amelyek ezeket a működéseket normális körülmények közt fenntartják, a belőlük kiinduló autonóm idegpályákkal összefüggő periferiás idegdúcok helyettesítik.

A nyúltvelő is számos reflexközpont székhelye. Ezek között megkülönböztetünk olyanokat, melyek centripetális ideg felől érkező ingerületre fejtik ki működésüket és olyanokat, melyeknél a kiváltó inger egyenesen a középpontra hat. A középonti működésnek ez utóbbi fajtáját automatás működésnek mondjuk, mert akkor is megmarad, ha a centripetális pálya kiesik. A közvetlenül a középpontra ható inger a vérnek valamilyen tulajdonsága, vagy a centrum szövetében létrejövő változás lehet. Így ingerként hathatnak az anyagforgalom termékei, vagy a vér hőfokának megváltozása. A nyúltvelő automatás középontjai: a léleklő, szív-gátló, szívserkentő, vérértágító, vérérszűkítő és veritékelválasztó centrumok. E központok működése befolyásolható reflektorikus úton, centripetális idegek révén, továbbá kedélyállapotváltozások hatása alatt is állnak. Akarattal csak a léleklő középpontra tudunk bizonyos határig hatni, egyéb automata centrumok működése az akarattól független. Reflexhatás pl. az orrnyalkahártyát izgató anyagok szagoltatására bekövetkező légzésserkentés. Bőringerekkel, pl. hideg alkalmazásával ugyancsak serkenthetjük a léleklést és szívtevékenységet s ugyanekkor a bőrerek szűkülnek. A kedélyállapotváltozásokkal összefüggő szív- és érreakciók (szívdobogás, elpirulás, elsápadás) azt bizonyítják, hogy az agyvelő tevékenysége is befolyással van e centrumok működésére. A széndioxid felhalmozódása a vérben eleinte izgatólag hat a léleklő, szív-gátló, érszűkítő és veritékelválasztó közép-

pontokra: tehát a lélekzés erőltetett lesz, a szív lökések ritkúlnak, az erek szűkülnek és a veritékválasztás fokozott. Ha azonban a széndioxid felhalmozódása még tovább fokozódik, az említett centrumok végül is megbénulnak. A vér felmelegedésének hatását a nyúltvelői centrumokra a Kahn-féle kísérlettel mutathatjuk ki, ami abban áll, hogy állaton az agyvelőhöz folyó vért felmelegítjük. A nyakon mindkétoldalt kikészítjük a két fejverőeret és kettős falu vályura fektetjük, melyeknek falai közt $40-41^{\circ}$ C-os víz kering. A vér felmelegedése ingerlőleg hat a lélekző, szívserkentő, értágító és veritékelválasztó középpontokra, mire a légzés szaporább lesz, a szív is szaporábban működik, a bőrerék tágulnak és veritékelválasztás jön létre. E folyamatnak nagy a jelentősége a szervezet hőszabályozása szempontjából.

Számos olyan reflex is váltható ki, amelyeknek középpontja nem a gerinc- és nyúltvelőben, hanem az agyvelőben van. Élő emberen is kiválthatók ilyen reakciók, amelyek a tudat és akarat közreműködése nélkül folynak le. Így reflex útján záródnak a szemhéjak a szemkötőhártya érintésére és szűkül meg a pupilla, ha a szembe fény esik.

Az agyvelőnek egyéb részeiben, így főleg a közép-agyvelőben és kisagyban is található még reflexközéppontok, melyeknek működése különösen a testegyensúlyozás és koordinált helyzetváltoztatás szolgálatában áll. Ezáltal úgy az embernél, mint az állatnál az állás, járás, futás, ugrás, úszás és repülésnél szereplő bonyolult izomműködések a tudat teljes kizárásával, reflektorikusan mehetnek végbe, miközben a figyelem egészen másfelé lehet irányítva. Bár egyes bonyolultabb mozgások, mint pl. a táncolás, korcsolyázás csak a figyelem odairányítása mellett, gondos megtanulással sajátíthatók el, de a kellő gyakorlat megszerzésével ezek is reflektorikusan végezhetők.

3. AZ AGYKÉREG MŰKÖDÉSE

A nagyagyvelő kéregállománya olyan középpontokat tartalmaz, amelyek a tudatos és akaratlagos lelkitevékenységeknek: az akarásnak, érzésnek és gondolkodásnak a székhelyei. Már a legrégibb időkben származó adatok mellett tanúskodnak, hogy a nagyagyat a tudatos lelkifolyamatokkal hozták összefüggésbe. Alkmaeon (580 Kr. e.) szerint az agyvelő az öntudat székhelye. Hippokrates (460—377 Kr. e.) és mások már világosan tanították, hogy az öntudattal kapcsolatos jelenségek csak az agyvelő tevékenységével hozhatók összefüggésbe; Galenus (130—200 Kr. u.) az akaratlagos mozgások impulzusait a nagyagyból eredezteti. Már Hippokrates és Galenus előtt ismeretes volt, hogy az egyik nagyagyi félteke sértésére a másikkoldali testfél megbénul. De ezek a nézetek nem terjedtek el általánosan, mert pl. Homeros idejében még a szívbe, vagy a rekeszizomba helyezték a lélek székhelyét. Még Aristoteles (384 Kr. e.) is a szívet tartotta a tudatos lelkifolyamatok középpontjának, míg az agyvelő szerinte a vér lehűtésére szolgál. Hippokrates tanai később Galenus által továbbfejlesztve mindenütt tért hódítottak és a középkoron át egészen a XIX. század elejéig fennállottak. Ekkor Gall ezen a téren egy lépéssel előbbre vitte a tudományt. 1808-ban a párizsi tudományos akadémia elé terjesztett memorandumában kifejtette azt a nézetét, hogy a lelki-folyamatok az agykéreg állományának működéséhez vannak kötve. A kiküldött bíráló bizottság téveseknek nyilvánította Gall tanait, mondván, hogy az agykéreg mirigynek tekintendő. Alig egy évtizedre rá Flourens már állatkísérletekkel kimutatta, hogy az agykéreg eltávolítása után az állatok összes intellektuális képességei megszűntek és ezzel Gall tanának fő-tételeit kísérletileg is igazolta.

E kísérleti megállapítás után még számos vizsgálatot végeztek állatokon, főleg békákon, galambokon és újabb időben kutyákon és majmokon. E kísérletekben rendszerint csak a nagyagyi féltekéket távolították el, míg az egyéb agyrészeket sértetlenül hagyták. Az ilymódon operált állatoknál akaratlagos mozgás, tudatos érzés és felfogóképesség megszűnik. Megmaradnak ellenben mindazok a működések, amelyek reflektorikusan folynak le és amelyeknek reflexközepontja a középagyban, kisagyban, nyúltagyban és gerincagyban van.

A nagyagyi féltekék eltávolítása békán könnyen keresztülvihető. Az agyvelő kikészítése urethannarkosisban olymódon történik, hogy közvetlenül az orrnyílás felett harántbőrmetszést ejtünk, amit a metszés két végpontjából kiindulva hátrafelé (mindinkább oldalarányban haladva) is meghosszabbítunk. A felszabaduló trapézalakú bőrlebeny hátrahajtása után hasonló módon vágunk körül a szabadon fekvő koponyacsontból egy ugyanolyan nagyságú csontdarabot. Ezt hátrahajtva alapján is átvágjuk s eltávolítjuk. Az agy kiirtása élesre fent késsel történik. A béka fejét laposan az asztal lapjára szorítva, a kés merőleges tartása mellett az agyat közvetlenül a két nagyagyi félteke hátsó szélénél átvágjuk. A leválasztott agyvelőrészt kiemelve, a hátrahajtott fejbőrlebenyt bevarrás nélkül a csontnyílásra egyszerűen ráhajtjuk. A békát egy-két cm-nyi magasságban 0.6%-os konyhasóoldatot tartalmazó edénybe helyezve, néhány napig magára hagyjuk. Ha a műtét jól sikerült, a béka nyugodtan, szimmetriás testtartás mellett, behúzott végtagokkal ül. A legfeltűnőbb jelenség, hogy a spontán mozgások teljesen hiányoznak. A béka önmagától nem változtatja helyét, fenyegető kézmozdulatra nem ugrik el, nem brekeg. A reflexek ellenben igen élénkek. A békát hátán túvel megérintve törlő reflexet válthatunk ki; erősebb szúrásra, csípésre

el is ugrik. Hátára fektetve azonnal újra visszafordúl. Ha hátát ujjunkkal megvakarjuk, brekegni kezd.

Hasonló jelenségek figyelhetők meg a nagyagyától megfosztott galambon is. Külső inger nélkül, mintegy mély álomba merülve, mozdulatlanul ül. Ingerlésre jár és repül is, s e mozgásai teljesen koordináltak. A beható ingerek tudatos érzéseket nem válthatnak ki; a centripetális idegek útján érkező ingerültek csak reflex-folyamatokat eredményeznek. Így az elsütött puska durranására a galamb összerezzen; ha ammoniagőzök érik az orrát, elfordítja a fejét. Járás és repülés közben az akadályokat kikerüli. Magától táplálékot nem vesz fel, de a garatba vitt ételt vagy italt lenyeli.

Az emlős állatokon végzett vizsgálatok közül főleg Goltz-nak kutyán észlelt megfigyelései szolgáltattak értékes adatokat. Goltz kísérleteiben úgy járt el, hogy a koponya lékelése után az agyvelő puha állományát víz-sugárral kimosta. Ezzel a módszerrel a vérzés majdnem teljesen elkerülhető volt. Az egyik ily módon operált kutyája 1½ évig maradt életben. Az állatban, amint később a boncolás kimutatta, a kisagyvelő és nyúltagyvelő sértetlen maradt, míg a nagygyi féltekék majdnem teljesen hiányoztak. Az állat néhány nappal a műtét után sima talajon eléggé jól tudott járni, néhány hónap múlva azonban a helyzetváltoztatása bizonytalanná lett. Minthogy a szaglóképessége elveszett, a táplálékot nem tudta megtalálni, mesterségesen kellett táplálni; a húst csak akkor kapta be, ha az orrához érintették. Ízérzése megmaradt, az ízletes falatot szívesen elfogadta, míg a chinines ételt visszautasította. Az ébrenlét és alvás változása megvolt. Nem látott, de fény behatására a pupillák megszűkültek. Hangra hegyezte a fülét. Tanulóképessége, tehát emlékezőtehetsége teljesen megszűnt, nem ismert meg senkit és semmit; az intelligenciának nyomát sem lehetett nála találni.

Karplus és Kreidl majmokon távolították el a nagyagyi féltekéket. Csupán két állatot sikerült az operáció után 1—2 hétig életben tartani. A kiesésjelenségek nagyjában azonosak az operált kutyákon észlelt tünetekkel, a reflexfolyamatok valamivel élénkebbek.

Emberekén végzett vizsgálatokról is találunk adatokat az irodalomban. Nagyagyvelő nélkül világra jött torzszülötteken megfigyelték, hogy végtagjaikat jól tudják mozgatni, szopnak, nyelnek, és hangosan sírnak. Az ízérzés megtartott, a chinines tejet arcfintorítással fogadják. Edinger és Fischer 3 és $\frac{3}{4}$ éves torzszülött gyermek hulláját boncolva mindkét nagyagyi félteke hiányát mutatták ki. A gyermek az egész élettartama alatt állandóan aludt és soha semmiféle tudatos észleletnek, vagy akaratnak jelét nem adta.

A narkózissal összefüggő tapasztalatok ugyancsak bizonyítékokat szolgáltatnak amellest, hogy a szellemi tevékenység az agykéreg működésével van szoros kapcsolatban. Ha valamilyen altatószerrel valakit elkábítunk, annak öntudata megszűnik. De az agyvelő mélyebben fekvő részeiben a reflexközpontok működése teljesen zavartalan marad, amit onnan látunk, hogy pl. a légzés és szív-működés, melyeknek centruma a nyúltvelőben van, normálisan folyik tovább. E reflexfolyamatok zavartalan lefolyását kíséri figyelemmel az altatást végző orvos, hogy a narkózis mélységét megítélhesse. A narkózis normális lefolyású, ha csak a magasabban fekvő agyvelő-részek, nagyagyi féltekék működése van megbénítva, azaz ha az öntudat eltűnése mellett az említett reflexfolyamatok megmaradtak.

Flourens a XIX. század elején azt tanította, hogy a nagyagyvelő kérgének minden része egyforma mértékben szerepel minden értelmi tevékenységben. Ezzel szemben Gall azt hirdette, hogy az agykéreg egyes területei tevékenység szempontjából különböznek egymástól;

az agyfelületen 27 különböző területet jelölt meg, amelyek mind más és más lelkitevékenység hordozói. Következtetéseiben annyira ment, hogy a koponyacsont egyes tájainak kidudorodását a megfelelő kéregterületek erősebb kifejlődésével hozta kapcsolatba, aminek alapján a koponya pontos vizsgálata révén az egyén szellemi képességeire, jellemére vélt következtetést vonhatni. Bár Gall a phrenológiával a modern localisatio tanának vetette meg az alapját, mégsem tudott képtelen nézeteivel a tudományban tért hódítani. Kórtani és klinikai vizsgálatok alapján Dax (1836) és Broca (1861) voltak a tulajdonképeni megteremtői a tudományosan megalapozott localisatiós tannak. Már Gall és tanítványa Bouillaud (1825) észlelték, hogy a nagyagyvelői homloki tájéknak a megsérülése beszédzavarokkal jár együtt. Dax azt is megfigyelte, hogy a beszédzavarok csak a bal nagyagyfélteke megbetegedése esetén lépnek fel és Broca már határozott pontossággal kimutatta, hogy a beszédcentrum a baloldali harmadik homloktekervényben van (Broca-féle tekervény). Broca észlelete immár világosan bizonyította, hogy az agy különböző területei működés tekintetében eltérnek egymástól, s ezzel a Flourens-féle tan el is vesztette létjogosultságát. (Meg kell azonban említenünk, hogy a localisatio nem azt jelenti, mintha az egyes működések pontosan körülírt agykéregterületek tevékenységén alapulnának; az egyes kéregterületek egymásba folynak határ nélkül.) Alapvető fontosságú bizonyítékokat szolgáltatottak a localisatio tanának helyessége mellett Fritsch és Hitzig (1870) állatokon végzett vizsgálatai. E kutatók az agykéreg bizonyos területeit villamosárammal izgatva, egyes testrészeken izomrángásokat észleltek, míg egyéb kéregterületek izgatásával izomműködésüket nem tudták kiváltani. Ugyanezekre az eredményekre vezettek Ferrier (1873) kísérletei is, aki galvánáram helyett váltóárammal végezte az agykéreg

izgatását. Későbbi vizsgálók azután kimutatták, hogy az egyes kéregterületek eltávolítása után is csak bizonyos izomcsoportok bénultak meg. E kísérleti eredmények alapján az agykérgen mozgásközpontot lehetett megállapítani, amelytől az akaratlagos mozgásingereket közvetítő piramispálya indul ki.

E vizsgálatokkal kapcsolatban oly kéregterületeket is kimutattak, melyeknek működése érzésvilágunkkal van szoros kapcsolatban. Munk bizonyította be először, hogy a látókéregmező a nagyagyvelő nyakszirtkarélyában van; ha állaton eltávolította a nyakszirtkarély kéregálmányát, az állat megvakult. Ugyanevvel a módszerrel később egyéb érző kéregterületeket is megállapítottak. A hallótáj az első halántéki tekervényt foglalja el. Ha ezt a tekervényt kiirtják, süketség lép fel. A hátsó középponti tekervény a bőrrel és a belső szervekkel kapcsolatos érzések középpontja. Kísérletek történtek a szaglász és ízézőközpont felkutatására is; e központok a halántékkarély belső oldalán foglalnak helyet.

Az állatkísérletek eredményeit az emberen végzett klinikai megfigyelések megerősítették, illetve kiegészítették. Embernél a mozgató kéregmező a mellső központi tekervényben van. Legfelül található az alsó végtag, lejjebb a kar, tovább a nyak és fej mozgató területe. A felületes és mélyérzések székhelye a hátulsó központi tekervény.

A mozgató és érző kéregterületeken kívül az agyvelő kérgének olyan területeit is ismerjük, melyeknek működése sem mozgással, sem érzéssel nem függ össze. Az állatkísérletekben használatos izgatási, illetve kiírtási eljárásokkal e kéregterületek működésére vonatkozólag biztosat megállapítani nem lehetett. E területek élettani jelentőségének megismeréséhez Flechsig fejlődéstani vizsgálatai szolgáltattak alapot. Flechsig kimutatta, hogy a különböző működésű kéregterületek nem ugyanazon

időben érik el teljes kifejlődésüket és működőképességüket. Amíg pl. az érző és mozgató kéregmezők pályái már a születés idején teljesen kifejlődtek, addig a kéregnek kb. $\frac{2}{3}$ részét kitevő ú. n. társító (associációs) centrumok pályái, amelyek az agykéreg egyes középpontjait, mint pl. látó, halló, mozgató középpontokat kötik össze egymással, a születés után még néhány hónappal sem fejlődtek ki. Ha pedig e viszonyokkal kapcsolatban a gyermek fejlődését tekintjük, úgy a következők állapíthatók meg. A gyermek a születés után azonnal használhatja izmait és érzékszerveit. Ezek a működések feltételezik a megfelelő agykéregmezők működőképességét, teljes kifejlődöttségét. De ebben a korban még nyomát sem találjuk a magasabb szellemi tevékenységnek: pl. megértésnek, emlékezésnek. Ezek a képességek csak idővel fejlődnek ki a gyermeknél s így nagy valószínűséggel állítható, hogy a társító centrumok a bonyolultabb tudatos lalkifolyamatokban játszanak fontos szerepet. (l. később). Emellett szólnak a klinikai észleletek is. E területeknek megbetegedései (pl. paralysis progressivánál) elsősorban az intellektus mély hanyatlását vonják maguk után. A nárkótikumok is e kéregmezőkre fejtik ki legelőször hatásukat s ezért az alkoholmérgezésnek már a legkisebb fokán is csökken a kritika, a megfontolás.

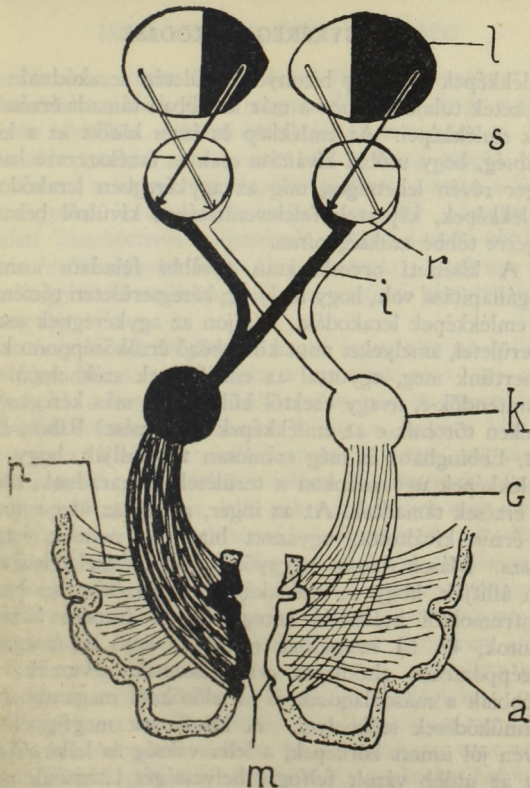
Flechsig mindegyik féltekén három fő társító centrumot különböztet meg: az egyik a homloki lebenyben, a második, egyúttal a legkisebb, a Sylvius-árok mélyén fekvő ú. n. szigeten van és a legnagyobb társító központ a fal-, halánték- és nyakszirtkarélynak egy-egy részét foglalja el.

A nagyagyvelő értelmi tevékenysége csak az egész készülék különféle centrumainak helyes együttműködése következtében válik lehetségessé. Az érzékszervek révén közvetített vagy az idegsejtben keletkező ingerületek az egyes centrumokat összekötő idegpályák mentén ha-

ladnak egyik agyvelőközponttól a másikhoz. Bár az idegpályák lefutása annyira bonyolult, hogy szövettani módszereinkkel csak egyes vastagabb idegrostnyalábokat tudunk kimutatni, mégis az idegrendszer legfinomabb szerkezetében is a legszigorúbb törvényszerűség uralkodik.

Hogy a bonyolult értelmi tevékenységnél az agyvelő legkülönfélébb pályáin haladó ingerületek útjairól némi fogalmat alkothassunk, egyszerű folyamatból kell kiindulnunk. Tegyük pl. vizsgálat tárgyává, hogyan jön létre a látásérzés (11. ábra). Amikor egy megpillantott tárgyról látásérzésünk támad, a tárgyról érkező fényinger a szemideghártya elemeire hat, azokban ingerületet vált ki, amit a látóideg rostjai a középagyba vezetnek; innen az ingerület idegsejteken való áthaladás után további pályák mentén (Gratiolet-féle kisugárzás) a nagyagyvelő nyakszirtkarélyának kérgéhez jut el, ahol a látómezőben elterülő idegsejtek működése kapcsán a tárgyról tudatos látásérzésünk támad. Az ingerületnek az agykéreg sejtjeihez való elvezetésében természetesen sok neuronlánc vesz részt és a látóagykéregmező számos sejtjének van szerepe a látásérzés keletkezésében. Ez látásérzéseink összetett voltából, sokféleségéből is következik. A látott tárgynak egyszerre több tulajdonságát, pl. alakja mellett a színét is látjuk. Ez a körülmény feltételezi, hogy az ingerület minden egyes alkalommal a hatalmas agyidegsejttömegből számos idegsejtet indít működésnek, amelyeknek rendezett együttműködése révén támad az összetett látásérzés. A látásérzésnél változathoz hasonlóan jön létre a hallás-, szaglás-, tapintás- és ízézés is.

Az agykéregsejtben támadt érzéshez rendszerint képzet is társul. A képzet megismerése által a nagyagyvelő értelmi tevékenységének egy újabb formájához jutottunk. Tudjuk, hogy az agykéregben létrejött érzések nem tűnnek el onnan nyomtalanul, hanem mint



11. ábra. A látópályák és látó-középpontok sematikus ábrázolása. (Bing).

l) Látóterek, s) fénysugarak útja a szemben, r) a szem ideghártyája (retina), i) látóideg, k) középagyi látócentrum, m) látókéregmező, a) látási emlékképeket megőrző középpont (hátsó asszociációs centrum), g) Gratiolet-féle kisugárzás, p) asszociációs pálya, ami a látókéregmezőt a hátsó asszociációs centrummal köti össze.

emlékképek a kéreg bizonyos területén lerakódnak; a képzetek tulajdonképen a már korábban támadt érzéseknek emlékképei. Az emlékkép és érzés között az a különbség, hogy utóbbi kiváltása csak az érzékszervre ható inger révén lehetséges, míg az agykéregben lerakódott emlékképek, képzetek felelevenítéséhez kívülről beható ingerre többé szükség nincs.

A kísérleti orvoslélektan további feladata annak megállapítása volt, hogy mely agykéregterületen történik az emlékképek lerakódása. Vajjon az agykéregnek azok a területei, amelyeket mint különböző érzőközpontokat ismertünk meg, egyúttal az emlékképek székhelyeül is tekintendők-e, avagy ezektől külön álló, más kéregterületeken történik-e az emlékképek megőrzése? Ribot, Binet, Ebbinghaus és még számosan azt vallják, hogy az emlékképek ugyanazonokon a területeken maradnak, ahol az érzések támadtak. Az az inger, amely az idegsejtben az érzést kiváltotta, ugyanott bizonyos nyomot hagy vissza. Mások viszont meggyőző klinikai észleletek alapján állítják, hogy az emlékképek megőrzésére az érzőcentrumoktól különálló kéregterületek (társító közép-pontok, 47. l.) szolgálnak és ha az érző és mozgató közép-pontokat elsődleges centrumoknak nevezzük, ez utóbbiak a másodlagosak és az előzőknél magasabb tudatműködések székhelyei. A klinikusok megfigyelései révén jól ismert kórképek, a lelki vakság és lelki süket-ség az utóbb vázolt felfogás helyességét látszanak igazolni. Lelki vakságban szenvedő emberek agyában a boncolásnál ki lehetett mutatni, hogy a látókéregmezőt a hátsó társítóközponttal összekötő társítópályák (11. ábra) valamilyen sérülés következtében (pl. vérzés) megszakadtak. Az ilyen beteg látja ugyan a tárgyakat, de nem ismeri fel azokat, nem tudja a látásérzéseket értékesíteni, mert látásemlékképei a látásérzéssel kapcsolatban nem elevenednek fel. Így a beteg pl. saját gyer-

mekét sem ismeri fel, jóllehet látja a személyt, azaz látásérzése támad; de ha megmondjuk neki, hogy a gyermeke áll előtte, azonnal emlékszik rá és megismeri. Az emlékkép tehát nem veszett el, a beteg csupán nem tudta ezt a látásérzése alapján felidézni, miután a látás-középpont és az emlékképeket megőrző kéregterület közti összeköttetés megszakadt. De fel volt idézhető más érzőközéppont útján (hallócentrum), amelynek összefüggése az említett emlékképmegőrző kéregterülettel még ép.

A lelki süketségben szenvedő beteg viszont hallja a hangot, de a hozzá intézett szavakat nem érti meg. Ezeknek a betegeknek halála után végzett agyvelőboncolásból azután meg lehetett állapítani, hogy a lelki süketség az elsődleges hallóközponthoz összefüggő társító centrumnak a működéskiesésében leli magyarázatát.

A lelki vakság és lelki süketség kórképe ezek szerint az elsődleges érzőcentrumokkal összefüggő másodlagos középpontok (illetve az odavezető pályák) sérülésére következett be. Általában mindazokat a kiesésselenségeket, amelyek egy elsődleges érzőközponthoz kapcsolatban álló másodlagos középpont pusztulása következtében állnak elő és az egyén megismerőképességének zavaraihoz nyilvánulnak, agnosia név alatt szokás összefoglalni.

Ugyanezt a berendezést megtaláljuk az agykéreg mozgató középpontjainál is; itt a másodlagos centrumok működése kapcsán a tapasztalat, gyakorlat befolyása érvényesül a bonyolult izomműködések véghezvitelében. Ez utóbbi kéregterületek megbetegedése után fellépő kiesésselenségeket apraxia névvel jelöljük. Az ilyen beteg bizonyos jól betanult mozgásokat már nem képes elvégezni, azokat teljesen elfelejtette. Az apraxiának egyszerű esete pl. az, amikor a beteg benső elhatározásait kézmozdulatokkal nem tudja kifejezésre juttatni. Nem tud pl. öklével fenyegető, vagy kezével intő moz-

dulatokat végezni. Karját kifogástalanul mozgatja ugyan, és kezét is ökölbe tudja szorítani, de ha felszólítjuk, hogy öklével fenyegeessen valakit, karjával összevissza hadonáz, de a fenyegető mozdulatok elvégzésére nem képes. Más esetekben pl. a beteg nem tud az ajtón kopogtatni, vagy egy gyufát meggyújtani.

Az agyvelő egyes középpontjai között fennálló társító kapcsolatok révén a mozgó és érzőközpontok is viszonyba kerülnek egymással. Ennek a körülménynek nagy jelentősége van a mozgások helyes elvégzése szempontjából. Csak akkor tudjuk a végtagjainkat jól használni, ha végtag helyzetét izom- és bőrérzéseinkkel, esetleg szemünkkel állandóan ellenőrizhetjük.

Az elsődleges érző és mozgó, meg a másodlagos centrumok összeműködését jobban megértjük, ha konkrét esetet veszünk vizsgálat alá. Bontsuk ezért elemeire azt az idegrendszeri folyamatot, amikor egy érzékszervi pl. optikai behatás akaratlagos mozgásokat vált ki. Kísérjük figyelemmel milyen pályákon, középpontokon halad át az ingerület, amikor pl. valamilyen fenyegető veszély esetében a megfelelő elhárító mozdulatokat végzzük. A folyamat ott kezdődik, hogy a szemünk ideghártyájára ható inger ingerületet vált ki, amit a már fennebb tárgyalt pályák az agykéreg látómezejének idegsejtjeihez vezetnek. E sejtek működése kapcsán látásérzésünk támad. Innen az asszociációs pályák a látókéregmezővel összefüggő hátulsó társítóközepponthoz vezetik az ingerületet. E kéregterület idegsejtjeinek működése folytán keletkezik a képzet, illetve a képzetek láncolata, a megfontolásnak nevezett lelki folyamat, ami a védekező mozgások kivitelét megelőzi. Majd az a társító kéregterület veszi át az ingerületet ahol az elvégzendő célszerű mozgások képzei (mozgásképzet) keletkeznek. A mozgásképzetek képződéshelyéről jut el végül az ingerület az elsődleges mozgóközepponthoz s

innen bizonyos sejtek működése révén a piramispályák útján a gerincvelőbe, ahonnan a mellső szarvából kiinduló mozgatóneuron viszi a megfelelő izmokhoz. Az ilymódon beidegzett izmok összehúzódása folytán jönnek azután létre az akaratlagos mozgások.

A halló és beszédcentrumnak társítópályák révén való kapcsolata a gyermek beszélntanulásánál játszik fontos szerepet. A beszéd megtanulásának ugyanis fontos kelléke, hogy a hallószerv zavartalanul működjék. Ha tehát a gyermek megsüketül, nem tanul meg beszélni, süketnéma marad, sőt a már megtanult beszédet is könnyen elfelejti, ha csak hamarosan süketnéma oktatásban nem részesül, amikor azután a beszédnél normális körülmények közt szereplő halláskontrol helyett a látás- és tapintáskontrolt alkalmazzák.

A felsorolt észleletek tehát mind amellet szólnak, hogy az emlékképek megőrzőhelye a társítócentrumokkal esik össze. E társítóközpontok idegsejtjeiben a különféle képzeteknek megfelelő ingerületi folyamatok társítás révén, az érzékszerv felől érkező ingerület nélkül is, felidézhetők és egymással a legkülönbözőbb módokon kombinálhatók. Ilymódon képzelhető el a nagyagyvelő legbonyolultabb értelmi tevékenysége: a gondolkodás, aminek lényege ezek szerint a különféle képzeteknek, mint pl. a látási, hallási, tapintási stb. emlékeknek összerendezett egyesítésében áll.

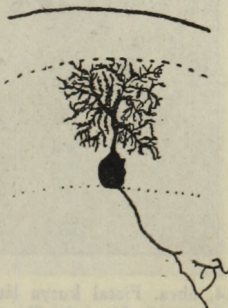
Röviden érintenünk kell még azt a kérdést, hogy az egész gondolkodásfolyamat alapját képező jelenségnek, az emlékezésnek mi az élettani magyarázata. Említetük, hogy az agykéreg sejtjeiben létrejött érzések a társítócentrumoknak nevezett kéregterületeken nyomokat hagynak vissza, amiket emlékképeknek hívunk. Az a képesség pedig, amellyel a felraktározott emlékképek akár az eredeti kiváltó érzés, akár egyéb pályák felől érkező ingerek révén felidézhetők, az emlékezet. Arra

a dologra emlékszünk jól, amit gondos betanulással, gyakorlattal „véstünk agyunkba”. A gyakorlat révén az agyidegsejtekben olyan változások mennek végbe, amelyek a sejtet arra képesítik, hogy a beható ingerekre mindig intenzívebben és gyorsabban tudjon reagálni. A gyakorlat révén az agyidegsejtekben végbemenő változások természetére vonatkozólag Verworn állított fel plauzibilisnek látszó magyarázatot. Az izomélettanból ismeretes ama jelenségből indul ki, hogy a csontvázizom húzamosabb gyakorlat révén megvastagszik, az izom állománya gyarapodik, ami a működőképesség fokozódásával jár. Verworn felveszi, hogy az agysejtek állománya is megszaporodhatik a gyakran beható ingerek következtében. Bár az emlős állatok agysejtjei a születés után már nem oszlanak és számuk nem szaporodik, a sejt protoplazmaállománya azonban működéssel kapcsolatban jelentékenyen nőhet. Az agysejtek működése és a protoplazmaállományuk gyarapodása közti összefüggést kísérletileg is lehetett igazolni. Érdekes eredményekre vezettek azok a vizsgálatok, amelyekben Preyer és Verworn újszülött házinyulak kisagyvelő-idegsejtjeinek fejlődését és ezzel kapcsolatban a koordinált mozgóképesség fokozatos kifejlődését kísérték figyelemmel. Az első 48 órában a fiatal állatok mozgásai még igen jelentéktelenek. A helyzetváltoztatás nagyon ügyetlenül, aránytalanul sok izombeidegzéssel, hason csúszva történik. Kb. a harmadik naptól kezdve észlelhető csak némi javulás a mozgóképességben. Tudjuk, hogy az emlősöknél a testegyensúlyozás, a koordinált helyzetváltoztatás főleg a kisagyvelő működésével van kapcsolatban. Ha most egyrészt közvetlenül a születés után, másrészt néhány nappal később az állatokat leölték, a kisagyvelejükéből készített szövettani metszeteken (12. ábra) ki lehetett mutatni, hogy közvetlenül a születés után a kisagyvelő idegsejtjei még meglehetősen fejletlenek, csak kevés számú és alig

elágazó nyúlványokkal bírnak. Egy hét múlva azonban, miután a fiatal állat már megtanult a lábaira állni és elesés nélkül a helyzetét változtatni, a kisagyvelőben már jelentékenyen nagyobb idegsejteket lehetett kimutatni; (13. ábra) egy hét leforgása alatt nemcsak a sejt protoplazmaállománya szaporodott meg, a dendritek is vastagabbak és dúsabb elágazásuak lettek.

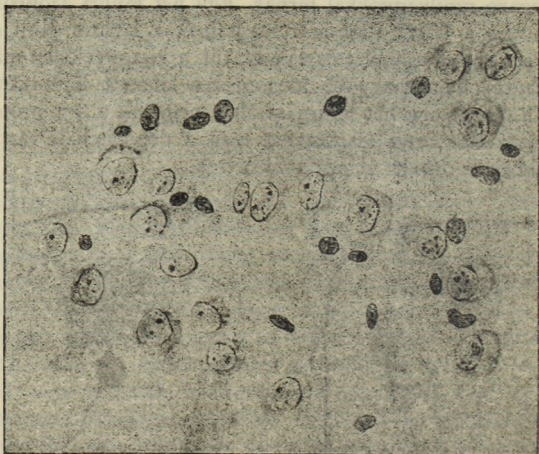


12. ábra. Újszülött házinyúl kisagyvelőidegsejtjei. (Athias).



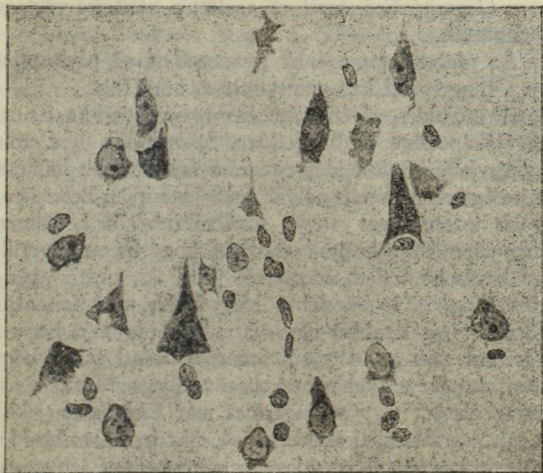
13. ábra. Házinyúl kisagyvelőidegsejtje 6 nappal a születés után. (Athias).

Hasonló eredményre vezettek Bergernek fiatal kutyák agyán végzett vizsgálatai. Berger újszülött testvérállatok felének bevarrta a szemhéjait, az állatok másik felét pedig ellenőrző vizsgálat céljából normális körülmények közt nevelte fel. Néhány hónap elteltével az összes állatokat leölte és agyvelejüket szövettanilag feldolgozta. Miután a bevarrott szemű állatokon a fényinerek teljesen ki voltak zárva, az agykéreg látócentrumához ingerületek nem érkeztek és ennek következtében a látócentrum idegsejtjei a fejlődésben kimutathatóan visszamaradtak (14. ábra). Az idegsejtek kivétel nélkül embrionális típusuak; a többé-kevésbé kerek sejt a nagy



14. ábra. Fiatal kutya látókéregmezejének idegsejtjei; az állat szemhéjait közvetlenül születés után összevarrták. (Berger-Verworn).

maghoz viszonyítva csupán kevés protoplazmát tartalmaz és csak egész halványan festődik; a dendritek alig fejlődtek ki. Ezzel szemben a normális állatok megfelelő agykéregterületéből készített szövettani metszet jól festődő, kisebb magvu, több protoplazmát tartalmazó sejteket mutat, amelyeken gazdagon elágazó dendritek észlelhetők (15. ábra). A vizsgálati eredmények kétségkívül amellet szólnak, hogy az agysejtek nagysága a működéssel, gyakorlattal van szoros összefüggésben. (Szövettani vizsgálatokkal különben azt is kimutatták, hogy a felnőtt ember agyában is található embrionális típusu idegsejtek, amelyek nyilván a működés hiánya következtében maradtak a fejlődésnek ezen az alacsony fokán,



15. ábra. Ugyanazon koru, normális körülmények között felnevelt kutya látókéregmezejének idegsejtjei. (Berger-Verworn).

de bármikor teljes kifejlődést érhetnek el, ha kellő mértékben működtetjük őket.)

Felemlíthetünk végül még egy jelenségcsoportot, amellyel az idegsejtek tömegének a működéssel összefüggő gyarapodása ugyancsak bizonyítható. Számos szerző észlelte azt, hogy a végtagok elvesztése következtében a gerincvelőben sorvadás lép fel. Nemcsak az érzőidegelemek, hanem a gerincvelő mellső szarvaiban levő mozgató idegsejtek is sorvadásnak indulnak. Ez utóbbi esetben nyilvánvalóan a működés kiesése okozza a sejt sorvadását, miután a végtag amputálása után a beteg lassan hozzászokik az újabb viszonyokhoz és nem küld többé akaratlagos impulsusokat a mellső szarvak

amaz idegsejtjeihez, amelyek azelőtt a kérdéses végtagot beidegezték.

Az idegsejt tömegének gyarapodásával párhuzamosan a tengelyszál keresztmetszete is nőni fog.

A működés révén tömegében gyarapodott neuron reagálóképessége nyilvánvalóan fokozottabb lesz, mint egy kevésbé fejlett idegsejté és a fokozottabb működőképessége révén a más pályák felől jövő ingerületet is nagyobb intenzitással fogja továbbítani. E körülmény nagy jelentősége kitűnik abból is, hogy ha az ingerület egy kevésbé fejlett neuronból indul ki, olyan gyenge lehet, hogy a legközelebbi idegsejtben már fennakad. Gondos vizsgálatokkal ugyanis megállapították, hogy az ingerület csak az idegnyúlványokon halad át egykönnyen, de már sokkal nehezebben az idegsejteken, kivéve azt az esetet, hogy az ingerület már több ízben siklott át rajtuk, másszóval az idegsejtek már huzamosabb ideig működtek. Az ilyen idegsejtek ellenállása lényegesen csökkent. A gyakorlat révén tehát a nagyagykéregben bizonyos pályák mintegy kijáródnak, amelyeken az ingerületek intenzívebben, biztosabban és gyorsabban haladnak tovább s más pályákra át nem tévednek. Az imént vázolt élettani jelenségeken alapulnak mindazon képességeink, amelyeket a nevelés révén elsajátítottunk és az emlékezet is.

Ha azonban a gyakorlat megszűnik, a neuronok működése hosszabb időn keresztül kimarad, tömegük a tétlenség következtében fokozatosan megkisebbedik. Ekkor áll elő az a jelenség, amit feledésnek mondunk.

Érintenünk kell végül az agykéreg működésével kapcsolatos lelkifolyamatok időbeli lefolyásának kérdését is. A gerincvelő működésének tárgyalásánál megállapítottuk már az ú. n. reflexidőt, azaz megmértük azt az időt, ami az érző ideg végkészülékét érő inger behatása és a reflektorikus úton bekövetkező szervműködés (pl.

izomrángás) közt eltelik. Az idevágó kísérletek arra az eredményre vezettek, hogy az ingerület áthaladása az idegsejten több időt vesz igénybe, mint amennyi a vezetékeken való áthaladáshoz szükséges. Ehhez hasonló módon állapíthatjuk meg a reakcióidőt is, ami alatt az inger behatása és a tudatos, akaratlagos reakció létrejötte közt eltelő időt értjük. E folyamatban tehát az agykéreg idegsejtjeinek bonyolult közreműködése folytán psychikus tényezők is szerepet játszanak.

A reakcióidő meghatározását egyszerűen úgy végezhettük, hogy pl. a bőr érzőidegvégződéseinek izgatásához villamosingert használunk és az áramkörbe egyúttal elektromágneses jelzőkészüléket iktatunk, aminek segítségével az áramkör zárásának, illetve az inger behatásának pillanatát forgó korongra erősített kormozott papírlapra jegyeztetjük föl. Amidőn pedig az ingert a kísérleti személy észreveszi, benne tudatos érzést vált ki, az áramkört egy második számú kulcs segítségével nyitja, amely pillanatot az elektromágneses jelzőkészülék ugyancsak feljegyzi. Optikai inger alkalmazásánál pl. az áramkörbe villanylámpát kapcsolunk. A kísérlet vezetője tehát zárja az áramkört, mire a lámpa kigyullad és a jelzőkészülék működésbe jön, s amikor a kísérleti személy a lámpafényt megpillantja, a második számú kulccsal az áramkört nyitja és erre a jelzőkészülék ismét nyugalmi helyzetébe esik vissza.

Az egyszerű reakcióidő általában 0.11 és 0.55 másodperc között változhatik. Lényeges különbségek észlelhetők e tekintetben aszerint, hogy melyik érzékszervvel végezzük a kísérletet, másrészt egyénenként is szokott a reakcióidő változni. Gondos vizsgálatokkal ugyanis megállapították, hogy ha ugyanazon egyénen is és ugyanazon érzékszerven változatlan ingererősség mellett végeztek sorozatos kísérleteket, a reakcióidőben lényeges különbségek voltak kimutathatók. E különbségek okát

nyilvánvalóan az agykéreg sejtjeiben lezajló psycho-physisikai folyamatok változó időtartamában kell keresnünk, miután az ingerületet a középpontba vezető centripetális idegpálya vezetéssébségében élettani körülmények közt kísérletileg változást kimutatni nem lehet. A mellékelt táblázat több vizsgáló különféle érzékszerveken végzett kísérletének eredményeit foglalja össze. A számok a reakcióidőt másodpercekben tüntetik fel.

Vizsgáló	Látószerv	Hallószerv	Villamos bőringer
Hirsch	0.200	0.149	0.182
Hankel	0.206	0.151	0.155
Donders	0.188	0.180	0.154
v. Wittich	0.186	0.182	0.130
Wundt	0.222	0.167	0.201
v. Kries	0.193	0.120	0.117
Auerbach	0.191	0.122	0.146
Buccola	0.168	0.115	0.141

A szagló és izlelő idegvégkészülékeken végzett vizsgálatok révén nyert értékek a táblázatban foglalt adatoknál jóval magasabbak (0.50, 0.54, 0.55 mp.). E különbség onnan adódik, hogy a szag-, illetve ízérzést kiváltó anyag csak nehezen jut el a nyálkával bevont és a nyálkahártyában meglehetősen mélyen elhelyezett érző idegvégződésekhöz.

A táblázat adataiból az is kitűnik, hogy fényingerre jóval hosszabb a reakcióidő, mint akusztikai, illetve a bőrre alkalmazott villamosingerre. E különbségeket egyrészt egyéni sajátságok, de az alkalmazott inger erősségének a változása is okozhatja. Tudjuk ugyanis, hogy a reakcióidő annál rövidebb, minél erősebb az inger. Számos szerző észlelte továbbá, hogy a reakcióidő még egyéb tényezőktől is függ, így pl. a figyelem fokától, a gyakorlattól, a kísérleti személy esetleges hangulatától. Megállapították, hogy a testi és szellemi elfáradás a reakció-

időt növeli; a kísérleti személy figyelmének felkeltésével viszont lényegesen csökkenthetjük a reakcióidőt. Wundt egyik akusztikai ingerrel végzett kísérletében pl. a figyelem felkeltése nélkül 0.253 mp-et és a figyelem felkeltésével csupán 0.076 mp-et tett ki a reakcióidő. Módosítólag hatnak továbbá a reakcióidőre bizonyos idegmérgek is, mint pl. az alkohol, kávé, tea stb.

Az egyszerű reakcióidő valamivel hosszabb lesz, ha a fentebb leírt kísérletet pl. úgy módosítjuk, hogy villamosárammal felváltva izgatjuk a kísérleti személy jobb és bal lábát s felszólítjuk, hogy az inger megérzését a jobb láb izgatásánál a jobb kezével és a bal láb izgatásánál a bal kezével jelezze. Ebben az esetben tehát nemcsak az ingert kell a kísérleti személynek észrevennie, hanem még választania is kell két elvégzendő mozgás között. Az ily módon megmért reakcióidő középértékben 0.066 mp-el hosszabb az egyszerű reakcióidőnél. A reakcióidő még hosszabb lesz, ha ennél is komplikáltabb feladat elé állítjuk a kísérleti személyt; ha pl. a kísérletet úgy végezzük, hogy felváltva piros, illetőleg kék táblát helyezünk a kísérleti személy elé s felszólítjuk, hogy a piros tábla megjelenésére a jobb kezével, a kék tábla megjelenésére pedig a bal kezével reagáljon. Az így mért reakcióidőt középértékben 0.154 mp-el találták hosszabbnak.

Végül még az autonóm idegrendszer működéséről kell röviden megemlékeznünk. Említettük, hogy a nagyagyvelő a tudatos és akaratlagos idegrendszeri folyamatok középpontja. A nagyagyvelő az akaratlagos működéseket a gerincvelő és a belőle kiinduló gerincvelőidegek útján bonyolítja le. Ismerünk azonban olyan idegműködéseket is, amelyek akaratunktól teljesen függetlenek. Ezeknek az idegeknek egy része, bár összekötő rostok révén a középponti idegrendszerrel is kapcsolatban van, a gerincoszlop mindkét oldalán elhelyezkedő idegdúcok-

kal együtt az autonóm működésű szimpatias idegrendszer alkotja; az idegek másik csoportját pedig, melyeknek eredéshelye a középagyvelő, nyultvelő s a gerincvelő legalsó része, paraszimpatias idegek neve alatt szokás összefoglalni. Az autonóm működésű idegeknek mindkét csoportját másképen vegetatív idegrendszernek is hívják, miután főleg a vegetatív funkciókat végző, így többek közt a vérkeringés (szív, erek) lélekzés, emésztés stb. szolgáltatában álló szerveinket idegzik be. Az autonóm idegrostnak jellemző sajátása, hogy lefutásában valamelyik perifériás idegdúcban átcsatolódik. Az idegrost ugyan több idegdúcon halad át, de átcsatolást csak egyszer szenved. E kérdés tisztázását főleg Langley vizsgálatainak köszönhetjük. E kísérleteknek az az alapja, hogy a nikotin (1%-os vizes oldatban) az idegdúcokban fekvő idegsejtekre bénítólag hat, de az idegdúcon áthaladó idegrostra nem fejt ki hatást. Ha tehát az idegdúcokat nikotinoldattal ecsetelte és az idegdúcból kiinduló autonóm rostok által beidegzett szerv működését figyelte meg, azt észlelte, hogy e szerv működésében csak azon esetben lépett föl változás, ha a szervet beidegző autonóm idegrost a nikotinnal ecsetelt ganglionban átcsatolódott.

A szerveket a szimpatias és paraszimpatias ideg együtt idegzi be s a két ideg hatásában egymásnak ellentéte. A szív működésére pl. a szimpatias ideg serkentőleg, a paraszimpatias (bolygó ideg) gátlólag hat. A szimpatias ideg szűkíti, a paraszimpatias tágítja a vérereket.

Autonóm idegek látják el a szem pupillájának tágítását szabályozó sima izmokat is. A pupillát tágító izmot a szimpatias ideg és szűkítő izmot a paraszimpatias idegzi be. A szimpatias idegrendszer izgalmára vezetendőek vissza azok a jelenségek is, amiket hirtelen

fellépő ijedtség alkalmával észlelhetünk embereken. Az ilyen emberen a bőr szőrei s a hajszálak felegyenesednek és a bőr mint mondani szokás, libabőrös lesz.

Bizonyos mérgekkel (atropin, muscarin, pilocarpin, physostigmin, cholin) a paraszimpátiás idegek működését serkenteni és gátolni tudjuk. E felsorolt mérgek közül egyedül az atropin hat gátlólag. Szembecseppentésre tehát a pupilla szűkítőizmát ellátó paraszimpátiás ideg végződéseinek bénítása folytán, a pupilla kitágul. Az atropinhatást nyomban megszüntethetjük az ellentétesen ható physostigminnel, ami viszont a paraszimpátiás idegvégződésekre kifejtett izgató hatásánál fogva a pupilla megszűkülését idézi elő. A szimpátiás idegeknek igen erős izgatója az adrenalin, amit a mellékvese velőállománya termel. Az adrenalin tehát a szív működést serkenti és érszűkítő hatásánál fogva a vérnyomást nagy mértékben emeli. Ezért a szívgyengeség súlyos eseteiben az adrenalin, egyenesen a szívbe fecskendezve, életmentő is lehet.

Az autonóm idegrendszer működésére a nagyagyvelő tevékenysége is gyakorolhat serkentő és gátló hatást. Karplus és Kreidl vizsgálatai ugyanis kiderítették, hogy az egész autonóm idegrendszer működését a közti agyvelő bizonyos részei (harmadik agykamra feneke) irányítják. Erre az autonóm középpontra viszont az agykéregnek ama folyamatai hatnak izgatólag, amiket kedélyállapotváltozásoknak (emóció) mondunk. E viszonyokból érthető, hogy erős lelki emóciók az egész autonóm idegrendszer izgalmát vonják maguk után.

4. AZ ALVÁS

Ha az agyvelőnk élénk anyagforgalma következtében elfárad, az öntudat megszűnésével beáll az az állapot, amit alvásnak hívunk. Alvás közben nemcsak az agyvelőnk, hanem minden egyes szervünk pihen. A fiziológusok megfigyelései szerint alvás közben az egész idegrendszer ingerlékenysége csökkent. A legmélyebb álomban a szellemi működések is teljesen szünetelnek, úgy hogy a mélyen alvó ember egy, a nagyagyától megfosztott lényhez hasonló. A szív percenként ritkábban ver, a vérnyomás a verőerekben alább száll, és az agyvelő vérellátása is csökken. A légzés lassúbb és mélyebb, az izomtónus leszáll, a test hőmérséklete a hajnali órákban (2 és 6 óra között) egy teljes C. fokkal alacsonyabb. Csökken továbbá a mirigyek működése és a szervezet reflexingerlékenysége. Az álmos gyermek azért dörzsöli a szemét, mert a könnyképződés megcsökkenése folytán a szem könnyebben szárad ki. A szemtengelyek fel- és befelé irányítottak, a pupilla maximálisan szűk.

A felsorolt jelenségek közül a legszembetűnőbb az öntudat megszűnése, az akaratlagos mozgások teljes hiánya. Ezért az alvás előidéző okát már a régiek is a középponti idegrendszerben keresték. Az alvás okára vonatkozólag az idők folyamán számos hipotézist állítottak fel, amelyek közül csak kettőt kívánunk megemlíteni. Mivel az alvás sokban hasonlít a narkózishoz, valószínűnek látszott az a feltevés, hogy az álmoság és az alvás előidézésében az agyvelő-tevékenység folyamán képződő és az agykéreg sejtjeiben felhalmozódó anyagforgalmi termékek hatnának bódítólag. E körülményre először Pflüger és Preyer hívták fel a figyelmet. Pflüger úgy okoskodott, hogy ha az agykéregsejtek működése az öntudattal kapcsolatos jelenségek alapföltétele, akkor ugyanezen sejtekben az alvás bekövetkezésének feltéte-

lei is meg kell hogy legyenek. Az agykéregsejt az ébrenlét folyamán a folytonosan beható ingerekre állandóan reagál, ami a sejtállomány szétesésével és anyagforgalmi termékek képződésével jár. Ha a működési folyamat huzamosabb ideig tart, az idegsejt működőképes állománya többé-kevésbé megfogy, ami a sejt reagálóképességének csökkenését vonja maga után. Ha ez egy bizonyos alacsony fokot elér, beáll az álmoság és az alvás.

Hasonló módon magyarázza Preyer is az alvás bekövetkezését. Már fentebb említettük, hogy az izom működés közben tejsav termelődik, ami ha felhalmozódik, az izom működőképességét erősen leszállítja. Preyer úgy véli, hogy az ébrenlét folyamán élénken működő agyidegsejtekben állandóan képződő tejsav bénítja meg végül is a sejt működését, és így következik be az alvás.

Ma már tudjuk, hogy a sejtműködés folyamán nemcsak tejsav, hanem egyéb anyagcseretermékek is képződnek, amelyek, ha nem távolíttatnak el kellő gyorsasággal a vér, illetve nyirokárammal, az idegsejtben felhalmozódva a működőképes állomány ingerlékenységét leszállítják. Az elmondottak különösen az agykéregnek a látószervünkkel összefüggő területére állanak. Hisz látásérzések az ébrenlét ideje alatt állandóan támadnak, más szóval a látómező idegsejtjei folytonosan működnek, ami a sejtállomány elhasználódásával és bomlástermékek képződésével jár. Ha ez a működés huzamosabb ideig tart, a kéregterület végül is kimerül. Ha nem is ugyanilyen mértékben, de a tartós működés után az egyéb agykéregterületek is elfáradnak, és ez az alvás beállását elősegíti. Az agyvelő kifáradását azonban az alvás egyedüli okának nem tarthatjuk, mert hisz tudjuk, hogy az alvást bizonyos mértékben akarataunkkal is szabályozhatjuk. Ahhoz, hogy az alvás bekövetkezzék a nagyagyvelő elfáradásán kívül egyéb feltételek jelenlétére is

szükség van. Tapasztalatból tudja mindenki, hogy a külvilágnak az érzékszerveinkre ható ingerei, amelyek mint fentebb kifejtettük, az ébrenlét alatt az agykéreg működését állandóan fenntartják, nemcsak, hogy nehezítik, hanem egyenesen meg is gátolhatják az elalvást. Az alvás csak akkor fog bekövetkezni, ha ezeket a külső behatásokat teljesen ki tudjuk zárni. Elsősorban az optikai ingerek távoltartására kell törekedni. E célból a hálószobát besötétítjük. De ugyanezt célozza a szemrés zárása, a szemtengelyek fel- és befeléfordulása, továbbá a pupilla megszűkülése is. Gondot fordítunk továbbá arra, hogy szobánk zajmentes és megfelelő hőmérsékletű legyen. Puha fekvőhely megválasztásával a tapintás-ingerek kiküszöbölését érzük el.

Ha azután e feltételek mind megvannak, a szervezet álomba merül, amely alatt az agykéreg sejtjeihez újabb ingerek nem érkeznek és az idegsejtekben restitutiós folyamatok indulnak meg. A sejt újból felépíti a működés folyamán elhasznált állományát, a felhalmozódott végtermékek pedig eloxidálódva, a nyirok és vérárammal távolodnak el.

A külső ingerek távoltartásának jelentősége az alvás bekövetkezésében Strümpell kísérletéből is kitűnik. Strümpell egy fiatal férfi-beteget észlelt a klinikáján, aki nagyfokú érzéstelenségben szenvedett, továbbá egyik szemére vak és egyik fülére süket is volt. A külvilágról tehát csupán az egyik szeme és még halló füle útján szerzett tudomást. Strümpell betegével a következő kísérletet végezte. Egy székre ültette, majd bekötötte az ép szemét és bedugta a még halló fülét. A beteg ezután elég kellemetlenül érezte magát s ökleivel a térdeit csapkodta, hogy az ilymódon támadt érzései alapján a testhelyzetéről tájékozódhassék. Ez az állapot azonban csak néhány percig tartott, mert a beteg rövidesen el-

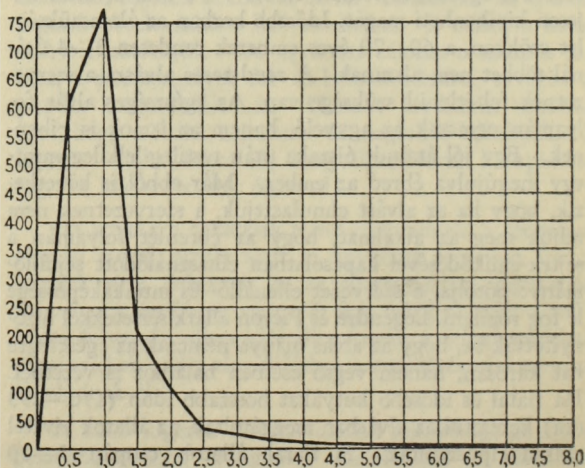
aludt s csak akkor ébredt fel, amikor a szeméről levették a kötést és szabaddá tették a hallójáratát. *)

Az ember álomszükséglete az életkortól függően változik. Míg a csecsemő kb. 14—18 órát alszik, az öt év körüli gyermek 12—13 órai alvással is beéri. Az 5—18 éves korban pedig már csak 10 órai alvásidőre van szükség. Az egészséges felnőtt ember 7—8 órai alvással teljesen kipihenheti magát. Idősebb korban az álomszükséglet csökken, a 60—70 éves emberek rendszeren 3—4 óránál többet nem alszanak. A rendszeres alvásra a szervezetnek feltétlenül szüksége van. Az egészséges alvás folyamán nemcsak az agyvelő, hanem az izmok is pihennek. Egy jól átaludt éjszaka után testileg-lelkileg mintegy megújulva ébred az ember. Már ebből is következik, hogy ha az alvást elmulasztjuk, a szervezetnek nem adjuk meg az alkalmat, hogy az ébrenlét folyamán a sejtek működésével kapcsolatban elhasználódott sejtállományt pótolja, a szervezet ellenálló- és munkaképessége le fog romlani. Legendre és Pieron állatkísérletekkel bizonyították be, hogy az alvás hiánya nemcsak az egészségre hat károsan, hanem végső esetben halálhoz is vezethet. Ha fiatal és idősebb kutyákat hosszabb időn (150—293 óra) keresztül az alvásban meggátoltak, az állatok kivétel nélkül elpusztultak. A fiatal állatok csupán 5—10 napig, az idősebbek 8—20 napig bírták ki alvás nélkül. Szövetteni vizsgálatokkal a kutyák agyvelejének homloki lebenyében szöveti elváltozások voltak kimutathatók. Szerzők arról is tesznek említést, hogy a gerincagyi fo-

*) Újabb klinikai megfigyelések azonban amellet szólnak, hogy az alvás beállításában, fenntartásában és megszűnésében a harmadik agykamra környékén lévő ú. n. alvás-középpontnak is fontos szerepe van. E középpont működése abban áll, hogy gátló hatást gyakorol az agykéregre, aminek következtében az öntudat megszűnésével beáll az alvás. A gátlás megszűnése viszont felébredéshez vezet.

lyadékban s a vérben mérgező anyagok halmozódtak fel. Ha e mérgező termékeket egy normális állat negyedik agykamrájába fecskendezték, nagyfokú álmoság fejlődött ki ezen az állatokon is.

Számos kísérletet végeztek az alvás mélységének megállapítása céljából. Az alvás mélységét a felébresztés-



16. ábra. Az alvás mélységének változása az éjjeli nyugalom különböző szakaiban. Az abscissán félórákban az idő, az ordinátán a felébresztéshez szükséges akusztikai inger erőssége van feltüntetve.

téshez szükséges inger erősségével szokás mérni. Inger gyanánt rendszerint akusztikai ingereket használnak. Az alvás mélységét az éjjeli nyugalom különböző szakaszaiban Kohlschütter már a múlt század 60-as éveiben vizsgálta. Az ő értékeit a mellékelt grafikon szemlélteti. (16. ábra). Az alvás mélysége az elalvás időpontjától

számított első és második órában éri el a maximumát, azután csökken, de később még egy csekélyebb maximum mutatkozhatik. Általában minél mélyebb az alvás, annál hosszabb ideig tart. Hajnal felé az alvás mélysége erősen megcsökken, az agyidegsejtekből a restitúció már befejeződött és ilyenkor valamilyen csekély optikai vagy akusztikai ingerre hirtelen beáll a felébredés.

Ha az alvás csak lassan áll be, nem az egész agykérgi tevékenység szűnik meg egyszerre; így működhet még az asszociáció, amikor kívülről beható ingerek már nem vésztetnek észre, az idegpályák ingerületvezető-képességének csökkenése folytán az agykéregig nem hatolnak fel. Az elalvásnak eme kezdeti stádiumában azután a testhelyzetünkkel összefüggő érzések különböző zavarai állhatnak elő. Így ha a fekvőhelyünknek a testünkre gyakorolt nyomását már nem érezzük, a repülés érzése, a megtámasztó alap hiánya következtében pedig a mélybeesés veszélyének érzése támad bennünk. Amire a figyelmünk az elalvás előtt közvetlenül épen irányítva volt, még hatást okozhat, jólehet más, ugyanolyan erősségű ingerekkel e hatás nem váltható ki. Felébreszthető pl. az alvó, ha halkan a nevére szólítjuk, de ugyanakkor jóval erősebben kiejtett egyéb szavakkal ez nem lesz lehetséges. Hasonló módon hathat állandó ingerek hirtelen megszűnése. Amíg a malom jár, a molnár nyugodtan alszik, de azonnal felébred, mihelyt a malma megáll.

Az alvás folyamán azután az asszociáció mindig szűkebb körre szorúl. Csak az az agykéregterület fog továbbra is működni, amelynek idegsejtjeihez magából a szervezetből, vagy kívülről jövő ingerek érkeznek. Mivel a nagyagyvelőnek egyes kéregterületei a működésből teljesen ki vannak iktatva, a kritika erősen lecsökken, az asszociáció teljesen fegyelmetlen lesz; ily módon azután bizarr, fantasztikus fogalomtársítások jönnek létre, amiket álmokképeknek hívunk. Az álmodást

ugyanaz a sejttevékenység tartja fenn, mint a tudatos lelkifolyamatokat az ébrenlét folyamán. E tényből tehát nyilvánvalóan következik, hogy azok az ingerek, amelyek az ébrenlét alatt az agykéreg sejtjeit működésre bírják, az alvó ember egyes agykéregterületeinek működésében is szerepet kell hogy játsszanak. Több kutatónak valóban sikerült is kísérleti úton álmokképeket előidéznie. Ha a hálószoba ablakára pl. apró kavicsokat dobáltak, puska-lövésekről és ütközetről, és ha az arcába néhány csepp vizet hintettek, esőről és viharról álmodott az alvó személy.

E két példából kitűnik továbbá az is, hogy az álomban egész tévesen ítéljük meg a nagysági viszonyokat. A kavicsnak az ablaktáblához ütdése folytán keletkező gyenge zörej az álomban már puskadurranássá lesz, a vízcseppek által kiváltott érzés pedig ugyancsak lényegesen megnagyítva szerepel az álmokképben. Belső ingerek, amelyek az alvást és álmodást egyaránt befolyásolják, különösen a beteg szervezetből indulnak ki. A betegségnek azonban nem kell épen súlyosnak lennie, már kisebb-fokú emésztési zavarok (pl. a gyomorban nehezen emésztődő zsíros ételek elfogyasztása), vagy valamelyik szervünk hurutos megbetegedése elégséges ahhoz, hogy e megbetegedett szervekből kiinduló centripetális idegek révén ingerek jussanak az agykéreghez és azt működésre bírják. E viszonyokból megértjük azt is, hogy a beteg ember rosszabbul alszik és rendszerint többet álmodik, mint az egészséges.

Nagymértékben befolyásolhatják továbbá az álmodást közvetlenül az elalvás előtt végbemenő intenzív, hosszabb ideig tartó tudatos lelkifolyamatok is. Ezirányban Vold végzett kísérleteket, aki úgy járt el, hogy elalvás előtt közvetlenül 2—10 percen keresztül intenzíven bizonyos tárgyakat nézetett a kísérleti személlyel, és megfigyelte, hogy a kérdéses tárgy befolyásolta-e az álmodást. E

vizsgálatokból kiderült, hogy a tárgy igen ritkán változtatlanul, legtöbbször többé-kevésbé módosítva szerepelt az álomképben. Egyik esetben pl. fehér alapon két kis fekete kutyát nézetett a kísérleti személlyel, aki azután három tejben fekvő fekete kutyáról álmodott. Néha feltűnően színtelenek az álomképek, máskor meg épen a legrikítóbb színek fordulnak elő bennük. Az optikai álmok általában gyakoribbak, mint az akusztikaiak.

Az álomképnek azonban nem kell feltétlenül fantasztikusnak lennie, bizonyos esetekben logikus képzet-társítások is jöhetnek létre alvás közben. E tekintetben mindig a működésben levő agykéregterület és e működést fönntartó inger erőssége bír döntő jelentőséggel.

Titokzatosságot szoktak tulajdonítani különösen az álom azon formájának, ami lidércnyomás néven szerepel a köztudatban. Ennek pedig nem más az élettani magyarázata, mint hogy alvás közben valahogyan elzáródnak a légutak, a száj és az orr és a légzés meggátlásának következménye, hogy az alvónak az az érzése, mintha fojtoogatnák.

Gyakran olyan álmaink is vannak, melyekben járunk-kelünk, a legkülönbélebb mozgásokat végezzük, de valójában mozdulatlanul fekszünk az ágyunkban. Ezekben az esetekben fel kell tételeznünk, hogy az agykéreg megfelelő centrumaiban mozgásképzetek támadnak, amelyek azonban nem képesek az elsődleges mozgató közepontot működésnek indítani s ennek révén testmozgásokat kiváltani. Ennek okát vagy abban kell keresnünk, hogy a mozgásképzetek képződéshelyéről kiinduló ingerület túlságosan gyenge, vagy az alvás folyamán ingerlékenységükben csökkent idegpályák képviselnek túl nagy akadályt, amit az ingerület nem tud legyőzni. Bizonyos esetekben azonban, különösen ha erősebb az ingerület, eljuthat a mozgató kéregmezőhöz s ennek idegsejtjeit működésnek indíthatja. Leggyakrabban a moz-

gató beszédközéppont szokott az álomban működni. Sok ember beszél álmában, miközben csak a beszélő izmai működnek s minden egyéb izomtevékenység szünetel. Néha azonban a mozgató kéregmezőnek egyéb részei is ingerületbe jönnek, ami azután a végtagok mozgásaiban vagy testhelyzetváltoztatásban, hánykolódásban nyilvánulhat.

Az elmondottak szerint tehát az álomban végbevitt mozgásokat illetőleg fokozatbeli különbségeket észlelhetünk. Egyik esetben pl. a mozgató kéregmezőnek csupán kisebb területe, a beszédközéppont van ingerületben, máskor viszont ennek a centrumnak működése egyéb mozgató középpontok működésével kombinálódhatik, úgy, hogy az alvó személy álmában beszél s egyidejűleg valamelyik végtagját is mozgatja, esetleg testhelyzetét változtatja. Előfordulhat végül az az eset is, hogy az ingerület az agyvelőnek az egész mozgató kéregterületére kiterjed, azaz az összes mozgató középpontokat hozza működésbe. Ekkor áll elő az az állapot, amit alvajárásnak (somnambulismus) nevezünk. Az alvajárónak csupán a mozgató kéregmezőt magában foglaló agykéregterülete működik, van ébren, míg az agykéreg egyéb részei alszanak, tehát a működésből teljesen ki vannak iktatva. Az alvajárókon végzett megfigyelésekből tudjuk, hogy néha, akár csak az ébrenlét folyamán, bámulatos ügyességgel visznek véghez igen bonyolult izomműködéseket. A mozdulataik, cselekedeteik azonban rögtön meggyőznek bennünket arról, hogy nincsenek ébren s az agykéregnek csupán részleges működésével álunk szemben. A kritika ugyanis, amit az ébrenlét folyamán minden lépésünket kíséri, az alvajárónál teljesen ki van csatolva. Így ismeretes, hogy a leghajmeresztőbb cselekedeteket vihetik végbe s fenyegető veszélyeket, amiket éber állapotban feltétlenül kikerülnének, észre sem

vesznek. Az alvajárással tehát az álomnak azt a formáját ismertük meg, amelynél az agykéregnek tekintélyes része nem alszik, hanem ébren van s amely átmeneti állapotnak is tekinthető a teljes ébrenlét felé.

5. SZUGGESZTIÓ, HIPNÓZIS

Az agykéregnek csupán részleges működésén alapszanak továbbá azok a lelki megnyilvánulások is, amelyek a hipnotikus állapot folyamán észlelhetők. A hipnózis tehát e tekintetben az alváshoz, nevezetesen az alvajáráshoz hasonlít. A hasonlóság főleg abban nyilvánul meg, hogy úgy a hipnózisnál, mint az alvajárásnál a kritika teljesen kiesik. Ha azonban a hipnózis lényegét tekintjük, azonnal látni fogjuk, hogy azért nem azonos az alvajárással, s ettől több jellemző tulajdonságában különbözik. Hogy a hipnotizált egyén nem alszik, az abból is kitünik, hogy álmai nincsenek. A hipnotizáltnak csupán az öntudati állapota módosul olymódon, hogy a befolyásolhatósága, azaz szuggerálhatósága lényegesen nagyobb a hipnózisban, másszóval a hipnotizált minden kritika nélkül hajlik bármilyen állítás, bemondás (szuggesztió) elfogadására. Az egyénnek ez a nagyfokú szuggerálhatósága alkotja a hipnózis lényegét is. Az alvástól a hipnózist amaz alapvető jelenség is megkülönbözteti, amit rapportnak nevezünk. Ez alatt azt értjük, hogy a mélyen hipnotizált egyén a külvilágtól teljesen el van zárva, az abban lefolyó eseményekről érzékszervei útján nem vesz tudomást, ellenben a hipnotizálónak minden szavára hajlik s azt vakon követi. Tehát a hipnotizált a hipnotizálóval lelkileg a legbensőbb érintkezésben — rapportban — van. Jellemző sajátása még a mély hipnózisnak az is, hogy a benne lefolyt eseményekre vonatkozólag teljes emlékezési hiány (amnesia)

áll fenn. Megjegyezzük azonban, hogy ez a tünet néha hiányozhatik is.

Mielőtt a szuggesztiónak legkülönbébb hatásaival foglalkoznánk, azokról a módszerekről kell röviden szólnunk, amelyek, főleg az orvosi gyakorlatban, a hipnózis előidézésére használatosak.

A hipnotizálást általában kétféle módon szokás végezni: a fixációs, vagy verbálszuggesztiós eljárással.

A fixációs módszernél úgy járhatunk el, hogy a kísérleti személyt lefektetjük s huzamosabb ideig mereven valamilyen hegyes tárgyat nézetünk vele, amivel elérjük azt, hogy figyelme egy pontra koncentrálódik. Már néhány perc múlva szemeiben fáradtságot érez, majd szemhéjai rövidesen le is záródnak.

A verbálszuggesztiós eljárásnak pedig az a lényege, hogy a hipnotizáló szóval az álmoság, elalvás képzetét szuggerálja a kísérleti személynek. Azt mondja neki, hogy erősen fáradt, tagjaiban zsibbadást érez, mozgásra képtelen, a szemhéjai mindig nehezebbek lesznek, lassan saját súlyuknál fogva lecsukódnak, már nagyon álmos, szemei már lecsukódtak és már alszik is. A hipnózis néha csak hosszú időre áll be, különösen az első ízben hipnotizáltaknál.

A hipnózisból való felébresztést ugyancsak szuggesztív úton, esetleg erősebb érzékszervi behatással (hangosan rákiált a hipnotizáltra) végezheti a hipnotizáló.

A szuggesztióval az összes tudatos lelkifolyamatokra, mozgásra, érzésre, sőt bizonyos mértékben a mirigyműködésre és érbeidegzésre is gátló vagy serkentő értelemben tudunk hatni.

A hipnózis folyamán az akaratlagos izomműködések teljesen szünetelnek. A hipnotizált csak azokat a mozgásokat tudja véghezvinni, amiket a hipnotizáló szuggerál. Egy hipnózisban lévő embert pl. felszólíthatunk, hogy kinyújtott karját emelje fel, majd azt szuggeráljuk

neki, hogy karját már nem tudja leereszteni. Megkísérli ugyan, hogy a karját leeresse, de ez nem sikerül neki. Megfigyelhetjük, hogy 15—20 percnél hosszabb ideig is képes a karját felemelve tartani.

A mozgató kéregmezőre ható serkentő befolyáshoz hasonlóan izombénulásokat is idézhetünk elő. Ugyanennek az embernek, akivel felemeltetjük a karját, azt is szuggerálhatjuk, hogy a karját nem bírja mozgatni, az teljesen megbénult. Esetleg meg is figyelhetjük a karjának felemelésére irányuló kísérletét, ami azonban eredménytelen marad.

Könnyű szerrel létesíthetünk továbbá érzéksalódásokat is a szuggesztió segítségével. Ezek közül különösen a pozitív és negatív hallucinációk a figyelemreméltóbbak.

Pozitív hallucinációról akkor beszélünk, ha szuggesztív úton nem létező személyeket, tárgyakat érzékelte-tünk a hipnotizálttal. Ha pl. az ujjunkkal a hipnotizált karjához érünk és azt szuggeráljuk neki, hogy tűvel megszúrtuk, tüstént fájdalmat jelez és elhúzza a karját.

Ennek ellentétje a negatív hallucináció, aminek lényege bizonyos létező személyeknek, vagy tárgyaknak, amiket a kísérleti személy helyesen felismert, szuggesztív úton való eltüntetése. A hipnotizálttal pl. felnyitvatjuk a szemét s az előtte álló s megpillantott személyeket elszuggeráljuk. Tegyük fel, hogy csak két személy van a szobában s a hipnotizáltnak azt mondjuk, hogy ezek közül az egyik kiment. Erre ő úgy viselkedik, mintha valóban csak egy személy volna a szobában; különféle kérdések feltevésével meggyőződhetünk róla, hogy a másik személyt, akiről állítottuk, hogy a szobából kiment, ha közvetlenül előtte áll is, nem látja, sőt ha megszólal, a hangját sem hallja, kérdéseire nem reagál.

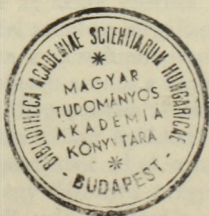
Mint fentebb említettük a szuggesztíóval az autonóm idegrendszerre, illetve az általa beidegzett szervekre is lehet bizonyos mértékben hatást gyakorolni. Így töb-

bek közt előidézték érreakciókat: elpirulást, elsápadást, azután mirigyműködést, pl. izzadást, továbbá a gyomor-bélrendszer mozgására gyakorolt befolyással: hasmenést és hányást. Arra vonatkozólag azonban, hogy szuggesztióval anatómiai elváltozásokat (vérzés, égési sebek, bőrön hólyagok) is lehetne létre hozni, a vélemények nagyon ingadozók

A szuggesztióval elérhető hatások közül igen figyelemreméltó továbbá az ú. n. poszthipnotikus jelenség. A fent említett kísérletben azt láttuk, hogy a hipnotizált az adott szuggesztiókat azonnal végre is hajtotta. Végezhető azonban a szuggerálás oly módon is, hogy a hipnotikus állapot folyamán adott szuggesztiókat csak a hipnózisból való felébresztés után, rövidebb vagy hosszabb idő múlva hajtja végre az akkor ébernek látszó egyén. Gondos megfigyelésekkel azonban megállapították, hogy az az állapot, amelyben a poszthipnotikus cselekményt az egyén végrehajtja teljesen azonos a hipnózis alattival, másszóval a hipnotikus állapot ebben az esetben a hipnotizáló újabb beavatkozása nélkül fejlődött ki. A hipnózis folyamán pl. azt a parancsot adjuk a hipnotizátnak, hogy másnap délben egy bizonyos tárgyat hozzon el nekünk. A hipnózisból való felébresztés után meggyőződhetünk róla, hogy az egyén a szuggesztiós parancsra egyáltalán nem emlékszik, de a jelzett időben pontosan jelentkezik a kérdéses tárggyal.

Röviden érintenünk kell továbbá még azt a sokat vitatott kérdést is, hogy a hipnotizált, aki az elmondottak szerint teljesen ki van szolgáltatva a hipnotizáló akaratának, valamilyen tiltott cselekmény elkövetésére rábíráható-e. E kérdésnek törvényszéki orvostani szempontból van igen nagy jelentősége. Azt kellett ugyanis eldönteni, hogy a hipnotizált egyén erkölcsileg beszámítható, azaz a hipnózisban elkövetett büntetendő cselekményért felelősségre vonható-e. A kérdés tisztázására számos,

teljesen megbízható kísérletet végeztek, amelyekből kiderült, hogy a kísérleti személyeket egyetlen egy esetben sem lehetett valamilyen tiltott cselekmény elkövetésére rávenni. E kísérletekből tehát következik, hogy az egyén a hipnózisban is tud bizonyos mértékben ellenállást kifejteni; az ellenállás foka azonban egyénenként változó lesz, minig a hipnotizált erkölcsi felfogásától függ. Erkölcsileg kifogástalan nevelésben részesült egyén tehát a hipnózisban is oly szuggerált cselekmény kivételére, amely erkölcsi felfogásával ellenkezik, semmi körülmények közt sem vehető rá.



I R O D A L O M

E könyvecske megírásához az alább felsorolt munkákból vett adatokat is felhasználtam:

Farkas: Élettani előadások. Budapest, 1922.

Lenhossék: Az ember anatómiája. Budapest, 1923.

„ A sejt és a szövetek. Budapest, 1918.

Verworn: Die zellularphysiologische Grundlage des Gedächtnisses. Zeitschr. f. allgem. Physiologie, VI. köt. 1906.

Verworn: Die zellularphysiologischen Grundlagen des Abstraktionsprozesses. U. o. XIV. köt. 1912.

Verworn: Die Mechanik des Geisteslebens. Leipzig-Berlin 1919.

Ziehen: Leitfaden der physiologischen Psychologie in 15 Vorlesungen. Jena, 1900.

Zander: Vom Nervensystem. Leipzig-Berlin, 1918.

Schaffer: Elme és idegkórtan. Budapest, 1927.

Höber: Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Berlin, 1930.

Tigerstedt: Physiologie des Menschen. Leipzig, 1920.

TARTALOM

Oldal

1. Az idegrendszer anatómiája és szövettana	6
2. Az idegrendszer működése	22
3. Az agykéreg működése	41
4. Az alvás	64
5. Szuggesztió. Hipnózis	73
Irodalom	79



KINCSESZAR

Az ország egyetlen, a tudományok minden ágát felölelő és népszerűsítő könyvsorozata. 150 kötetes keretében az ismeretek teljes enciklopédiáját nyújtja, úgymint :

MAGYARSÁGISMERET
TÖRTÉNELEM
AZ ÚJ EURÓPA
IRODALOMTÖRTÉNET
EMBER ÉS TERMÉSZET
MŰVÉSZET, KÖNYV
KÖZGAZDASÁG, STATISZTIKA
VALLÁS ÉS FILOZÓFIA
TERMÉSZETTUDOMÁNY
ORVOSTUDOMÁNY
HADTUDOMÁNY, SPORT
FÖLDRAJZ
TÁRSADALOMTUDOMÁNY
ÉLETRAJZOK



„A MAGYAR SZEMLE KÖNYVEI“

önálló nagyobb monografiák a következő szerzőktől :

*Szekfü Gyula, Weis István, Hóman Bálint,
Horváth János, Farkas Gyula, Babits Mihály,
Julier Ferenc, Gratz Gusztáv, Genthon István.*

KÉRJEN RÉSZLETES PROSPEKTUST.

Kiadóhivatal : Budapest, VI., Vilmos császár út 26. sz.