

VIZI E. SZILVESZTER

Egy életem, egy halálom?



Vizi E. Szilveszter
agykutató, egyetemi tanár
az MTA elnöke

Mi a tudományos magyarázata annak, hogy minden ember egyedi, hogy még a génkutatás rohamos fejlődése sem teszi lehetővé, hogy tökéletes másolatot készítsünk valakiről, s ezáltal örök életet adjunk neki?

Az élet és a halál kérdése éppannyira foglalkoztatja a filozófiát, a vallást vagy a társadalomtudományokat, mint a sejtbiológiát vagy az agykutatást. Előadásomban az orvostudomány szempontjából beszélek ezekről a kérdésekről, de közben mindvégig szem előtt tartom a tudás más területeit is.

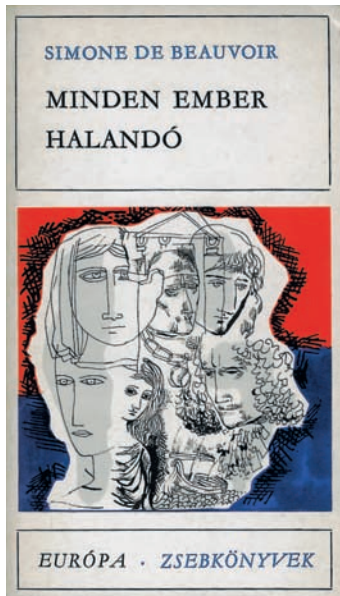
Az élet megismételhetetlen, egyedi jelenség, végességét a halál adja

A világmindenség kutatása, az anyag végtelenül kicsi részeinek, a nanotechnológia csodáinak megismerése, a fizika törvényeinek egyesítésére irányuló kutatások, az élet eredetének kiolvasása a DNS-láncokból, a tér és idő szimmetriáinak megértése, a globalizáció társadalmi hatásának vizsgálata csupán néhány téma a ma tudományának nagy feladatai közül. De korunk,

1936-ban született. 1961-ben kapott orvosi diplomát a Pécsi, majd a Budapesti Orvostudományi Egyetemen. 1969-ben az orvostudományok kandidátusa, 1977-ben akadémiai doktora lett. 1985-től az MTA levelező, 1990-től rendes tagja; 1996-ban az MTA alelnökévé, 2002 májusában pedig az MTA elnökévé választották.

Pályáját a SOTE Gyógyszer-tani Intézetében kezdte. 1980 óta klinikai farmakológus; 1981-től az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutató Intézetének tudományos igazgatóhelyettese, majd főigazgatója. A New York-i Albert Einstein College of Medicine pszichiátriai és aneszteziológiai tanszékének vendég-professzora, a Semmelweis Egyetem Farmakológiai és Farmakoterápiás Intézetének egyetemi tanára. Több nemzetközi farmakológiai, élettani, idegvegytani társaság elnökségének tagja, alelnöke, illetve elnöke. Számos tudományos szakfolyóirat szerkesztőbizottságának tagja, a *Neurochemistry International* és a *Brain Research Bulletin* főszerkesztője.

Főbb kutatási területei: elsősorban az agy, az immun- és az idegrendszer kutatása, illetve a neurokémiai ingerületátvitel problémái.



a 21. század legnagyobb kihívásai mégiscsak az emberi élet és halál titkainak megfejtésével, az agyműködés rejtélyének, az „Én”, az „ego” kérdéseinek megválaszolásával, a lélek-test feltételezett dualizmusával kapcsolatosak.

Létezik örök életű ember. Például Simone de Beauvoir *Minden ember halandó* című regényében Fosca az életelixír segítségével örök életre van kárhozható. Halhatatlan, nincs életcélja, elveszíti felelősségérzetét, és nem érez életörömet sem. Az ő sorsa is bizonyítéka lehet annak a megállapításnak, hogy az életnek igazán az örök élet reménye ad értéket. Vagy mint Lucian Blaga, román író, filozófus írja: „A halál az az árnyék, amely plasztikussá teszi az életet”.

Sokan vallják, hogy az elmúlástól való félelem hatására keletkezett a halálon túli valóság reménye. A keresztény hit az Isten és az ember párbeszédre épít. A zsidó–keresztény kultúrkörben az ember istenhitével meghaladja végességét, hisz a feltámadásban, de a földi életértéknek tekinti, és a „Ne ölj!” parancsa biztosítja számára az e világi élet fontosságát. Más vallásokban, a hinduizmusban és a buddhizmusban a reinkarnáció feltételezése – az az elképzelés, hogy a lélek egy másik testben él tovább – csökkenti a haláltól való félelmet.

A különböző vallások természetszerűleg eltérő módon ítélik meg az élet és a halál kérdését, ahogy a különböző filozófiák is másképp magyarázzák, de mindegyikben közös az örök élet vágya. Hegel még azt mondta, hogy az egyed megszűnik, és tulajdonképpen a szellemben tovább él. Ezt Ludwig Feuerbach és Karl Marx már úgy magyarázta, hogy az egyén a társadalomban él tovább; ők a közösség jelentőségét messze az egyéné fölé helyezték. Ám az európai kultúra lényegét mégiscsak zsidó–keresztény vallási gyökerei adják meg, amikor az egyén életének halhatatlan értéket tulajdonít.

Az *Ószövetség*ben Mózes egyértelműen megparancsolja, hogy „szeresd az Urat, a te Istenedet...; válaszd tehát az életet, hogy élj te és utódaid is, szeresd az Urat, a te Istenedet, hallgass a szavára és ragaszkodj hozzá, mert Ő a te életed és életed hosszúsága” (5Móz 30,16–20). Az *Újszövetség* szerint Krisztus kiomló vére, halála az ember megváltását jelenti, az „Isten a Fiát adta oda”, hogy ő, az ember „meg ne haljon, hanem örök élete legyen” (Jn 3,16). Szent Pál pedig arról biztosít, hogy a bűn fölötti győzelem annak a halál fölötti végleges győzelemnek jele és elővételezése, amely akkor történik, amikor „beteljesedik az Írás szava: a halált elnyelte a győzelem. Halál, hol a te győzelmed? Halál, hol a te fullánkod?” (1Kor 15,54–55). Az „Evangélium vitae” kezdetű pápai enciklika is az emberi élet iránti elkötelezettségre szól fel.



Mózes a Sínai-hegyen a bizonyág két táblájával (14. sz.)

A kezdet és a vég

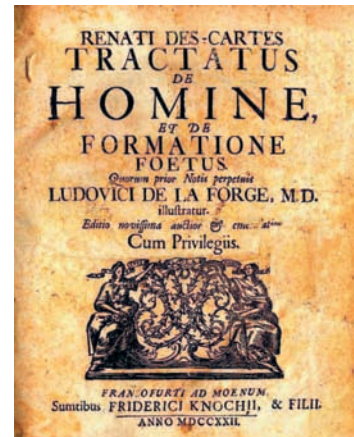
Az élet kezdetének meghatározása nem okoz nehézséget, a halálnak, az élet végének a megjelölése azonban annál nehezebb. A jogi bizonytalanságnak az az oka, hogy orvostudományi szempontból könnyebb megfogalmazni az élet kezdetét, mint az élet befejezését jelentő pillanatot. Az élet egy pillanatszerű eseménnyel, a petesejt megtermékenyítésével kezdődik. Amikor két ivarsejt találkozik és genetikailag egy új egyed hoz létre, az az élet keletkezésének a

pillanata. (Nem tévesztendő ez össze a jogi személy születésének pillanatával.) Ezzel az életet adó pillanattal szemben viszont a halál hosszú folyamat végeredménye, és a hozzá vezető úton néha még vissza lehet fordulni.

A halál pillanatát tehát rendkívül nehéz meghatározni. Az emberi életnek, létezésnek értéket adó végpont, a halál nemcsak a legnagyobb írók és filozófusok, például Martin Heidegger, F. M. Dosztojevszkij, Jean-Paul Sartre vagy F. W. Nietzsche műveiben jelenik meg újra és újra, mint az egyik legfontosabb téma, de életünk végessége napi cselekedeteinket, gondolatainkat is befolyásolja. A halál beálltának meghatározása a történelem folyamán tulajdonképpen az orvostudomány álláspontjától függött: ezt tükrözte az éppen aktuális társadalmi felfogás. Az ókorban akkor tekintették halottnak az embert, amikor az utolsó nagyot lélegezte: elszállt belőle a lélek, mondták. Kilehelte a lelkét – mondja még ma is a magyar. Majd amikor – a köztudatban – a lélek lakhelye a szívbe került, a szív utolsó dobbanását tekintették a halál pillanatának. Descartes, a nagy francia orvos, filozófus és matematikus 1662-ben megjelent *De Homine* című munkájában elsőként mondta ki: a lélek valahol az agyban van. Sőt úgy gondolta, hogy a tobozmirigy (corpus pineale) a test és a lélek kapcsolódási pontja. Ettől fogva egyre inkább az agy működésének megszűnését tekintették a halál pillanatának. A jog azonban sohasem tudta és ma sem tudja pontosan megfogalmazni a halált, ezért minden alkalommal az orvostudomány álláspontját teszi magáévá. Az orvostudomány mai állása szerint az agyműködés teljes, visszavonhatatlan megszűnését tekintjük halálnak. (Az 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről XII. fejezete szerint „halál: amikor a légzés, a keringés és az agyműködés teljes megszűnése miatt a szervezet visszafordíthatatlan felbomlása megindul.”) Ez az egyén halálának pillanata. Ennek megállapítása nemegyszer az orvos számára is nehézséget okoz. Egyéb szerveink működését az orvostudomány modern eszközeivel még sokáig „életben” lehet tartani.



Descartes, René (1596–1650)



Sejtjeink sorsa

A többsejtű élőlények életképessége attól függ, hogy különböző funkciókra differenciálódott sejtjeik hogyan tudnak megújulni: a szervezet hogyan tudja pótolni az elhalt sejteket, illetve a **proliferációra** – szaporodásra, növekedésre – esetleg képtelen sejteket „megfiatalítani”. Az előbbi csoportba tartoznak a bőr, a bél, a csontvelő stb. pótolható sejtjei, az utóbbiba az agy idegsejtjei, amelyek valószínűleg csak „megfiatalodni” képesek. Bár az utóbbi időben olyan kísérletekről számoltak be, amelyek során a kisagyban, sőt egyéb agyterületen is érzékelték proliferációt, illetőleg őssejtekből idegsejteké differenciálódást.

Az elmúlt tíz év tudományos kutatásának eredményeként ma már biztosan állíthatjuk, hogy a testünkben jelen levő százezermilliárd (10^{14} = 100 000 000 000 000) sejt mindegyike képes arra, hogy a benne előforduló anyagok segítségével önnön halálát okozza, azaz képes az öngyilkosságra.

Proliferáció:

a sejtek szaporodása osztódás segítségével.



De képes a megújulásra is. Képes arra, hogy belső vagy külső ingerekre meghaljon, „öngyilkosságot” kövessen el, de képes arra is, hogy újraszültesen, megfiatalodjon. Ez azt jelenti, hogy az ember minden egyes sejtje képes saját sorsát befolyásolni. Az emberi testben állandó egyensúly van a keletkező és elhaló sejtek között. Az őssejt, amelyről manapság oly sok szó esik, multipotens, azaz bármilyen típusú sejt keletkezhet belőle. Nem véletlen, hogy 2001-ben az orvosi Nobel-díjat is három olyan tudós kapta (Leland H. Hartwell, Tim Hunt, Sir Paul Nurse), akik a sejtek keletkezésétől halálukig tartó ciklus törvényszerűségeit tárták fel.

Homeosztázis:

a szervezet védekező rendszere a különböző antigénekkal (a szervezetet támadó mikroorganizmusokkal, allergénekkal) szemben. Az immunrendszer két nagy csoportra, a sejtés és a humorális (oldott anyagokkal operáló) immunitásra osztható.

Ezek a sejtek a célnak megfelelően képesek differenciálódni, képesek pótolni különböző sejtfeleségeket. Szervezetünkben egyetlen másodperc alatt egymillió sejt hal el, és ugyanennyi képződik. Ez azt jelenti, hogy egy nap alatt 86 milliárd sejt elhal, de ugyanennyi képződik is. Ha ez a **homeosztázis**, ez az egyensúlyi állapot nem változik, akkor „egészségesek” vagyunk. Egy kis túlzással ez azt is jelenti, hogy egy év alatt tulajdonképpen mind a százezermilliárd sejtünk meg tud újulni. A szervezetünkben az O₂-szállításban fontos szerepet játszó vörösvértestek (ezek nem sejtek!) életideje is csak 120 nap. Hogy az ember pótolja az elhaló vörösvértesteit, minden másodpercben hárommillió új vörösvértestet kell az őssejtekből reprodukálnia. Tehát minden másodpercben jelen van bennünk, legalábbis a sejtjeinkben, a halál és az élet. A fentiek alapján nemcsak arról van szó, hogy a halál végessé teszi az életünket, hanem arról is, hogy életünk során a születésünk pillanatától kezdve minden másodpercben megjelenik bennünk a halál, és megjelenik az élet. A nagy titok most már az, hogy miként lehetséges, hogy a testünk sejtjei többször is szinte teljesen kicserélődnek, mégis én-tudatunk és a neveltetésünk során szerzett alapvető emberi tulajdonságaink, erkölcsi ítéleteink minősége nem vagy alig változik.

Lao-ce kínai költő az *Út és Erény Könyvében* című versében ezt így fejezte ki:

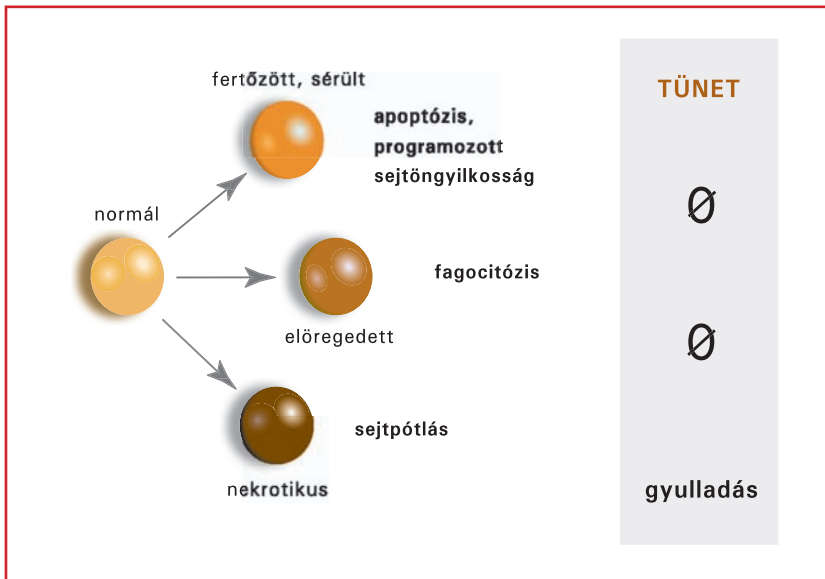
*„... az ég alattiban mindenki tudja,
hogy szép a szép
és ezzel megvan már a rút is
mindenki tudja,
hogy jó a jó
és ezzel megvan már a rossz is
mert
Lét és Nemlét egymást teremtik...”*

(Karátson Gábor fordítása)

A betegségek titka

A szervezeten belül vannak olyan sejtek, amelyeknek az a feladata, hogy elpusztítsák a külső fertőzés – vírus, baktérium stb. – által megtámadott vagy az előregedő sejteket. Ezeket a sejteket „natural killer” („természetes gyilkos”), rövidítve NK-sejteknek hívjuk. Ezek minden egyes sejtől meg-

kérdezik a jelszót, a személyi számot, ami egy, a sejt felszínén megjelenő és mindig újratermelődő fehérje, mely csak arra az egyetlen emberre, élőlényre jellemző és senki másra. Ha ez az azonosító fehérje hiányzik, vagy a sejt már képtelen újratermelni, akkor az őrző-védő szolgálatot teljesítő NK-sejtek ezt a sejtet idegennek, betolakodónak minősítik és elpusztítják (1. ábra).



1. ábra. A sejtek halála

Apoptózis és gyulladás: egy nyugalmi (normál) állapotú sejtet olyan ingerek érhetnek, melyek a saját enzimei által levezérelt önpusztítás irányába viszik el. Természetesen a sejtpusztulás bekövetkezhet a sejt „öregedésével” is, ebben az esetben a pusztulásért közvetlenül egy erre kialakult sejtcsoport felelős, mely bekebelezi az öregedő sejtet (fagocitózis). A gyulladás akkor alakul ki, amikor akár a beteg vagy öreg sejtek túl nagy száma miatt, akár a takarításra képes sejtek (természetes gyilkos sejtek) csökkent működése miatt az eltakarítás károsodott.

Ha a szervezetbe idegen sejtek, például baktériumok, vírusok jutnak, akkor a szervezet egy bizonyos idő alatt „megtanulja” a védekezés módját, a betolakodót elpusztítja. Ha ismételten a szervezetébe jut ugyanaz a betolakodó, azt azonnal felismeri és gyorsan elpusztítja. Így működik az immunrendszer, ami életünk minden percében megvéd minket a környezetünkben jelen levő fertőző baktériumokkal, vírusokkal szemben. A védekezésnek van egy másik módja is. Naponta sok millió sejt pusztul el bennünk csak azért, mert belsejébe vírus jutott. Ezek a sejtek egy genetikailag kódolt mechanizmus segítségével képesek elpusztítani saját magukat, ún. „öngyilkosságot” követnek el. Ha a pusztulásra ítélt sejteket valami oknál fogva – akár túlságosan nagy számuk miatt, akár a takarításra képes sejtek (természetes gyilkos sejtek) csökkent vagy hiányos működése miatt – a szervezet nem tudja teljes mértékben, például fagocitózis segítségével eltakarítani, akkor ezek a sejtek szétesnek, és gyulladás keletkezik (1. és 2. ábra).



2. ábra. *Betolakodott vírusok elpusztítása – fagocitózis; (Phagocytosis: phago = evés, cyte = sejt)*

Szabad gyökök:

károsító hatású anyagok, melyek különböző, szervezetben belüli anyagátalakulásokkal keletkeznek. Gyakran oxigén-származékok, a sejtek alkotórészeivel kölcsönhatásba lépnek, és azok átalakulását, funkcióik elvesztését okozzák.

Citokinek:

az immunrendszer sejtjei által (de más sejtek által is) termelt, nem ellenanyag természetű molekulák, amelyek az adott citokint termelő vagy más sejt membránján lévő specifikus citokin-receptorokhoz kötődve fejtik ki hatásukat. Számos citokin az „immunrendszer hormonja”-nak tekinthető. (Forrás: *Gergely–Erdei: Immunbiológia.*)

Kognitív inger:

az agyunkon keresztül ható, tehát az idegrendszer működése segítségével megjelenő ingerek.

Fagocitózis: a szervezetbe kerülő baktériumokat vagy más sejteket, illetve nagyobb részecskéket az ún. fagociták (falósejtek) távolítják el, amelyek fő képviselői a makrofágok és a granulociták. A természetes, nem-fajlagos immunvédekezés e formája mehet végbe a részecske közvetlen, spontán vagy pedig receptor közvetítette bekebelezése útján. Az ábrán látható fagocita először megközelíti az idegen részecskéket, majd körülveszi és bekebelezi őket. A folyamat további részében a részecskék a fagocita sejt ún. fagoszomájába kerülnek, és az abban lévő nagy mennyiségű bontóenzim hatására elpusztulnak, majd a bomlástermékek kikerülnek a sejtől. Míg a granulociták elsősorban a részecskék elpusztításában (intracelluláris killing) aktívak, addig a makrofágok szerepe ezen kívül az is, hogy a fagocitózis során ún. riasztó (alarm) citokineket termelnek, amelyek lokálisan növelik a véráramlást, az erek átjárhatóságát és egyes adhéziós molekulák expresszióját. Ez utóbbi folyamatok eredményeképpen a nem-fajlagos immunvédekezésben aktív sejtek sokasága jelenik meg a fertőzés színhelyén (gennyesedés), elősegítve a hatékonyabb védekezést.

A gyulladás nagyon sok megbetegedés első tünete: duzzanattal, fájdalommal jár. Nagyon fontos kérdés, hogy milyen összefüggés van a programozott sejthalál – angolul „programmed cell suicide” –, az egészség fenntartásában életfontosságú szerepet játszó immunrendszer és az idegrendszer állapota, valamint a sejtek pusztítását kiváltó ún. **szabad gyökök** képződése között.

Minden ember egyedi, csak rá jellemző immunrendszerrel rendelkezik, amely agyunk, azaz a központi idegrendszer állandó befolyása alatt áll. A szervezetet érő kognitív és nem-kognitív ingerek a központi idegrendszeren, az agyvelőn, a szimpatikus idegrendszeren keresztül, az immunsejtek felszínén elhelyezkedő receptorokon, jelfogókon át befolyásolják az ún. **citokinek** termelését. Tehát az idegrendszer – érje nem-kognitív inger, például vírus, baktérium vagy **kognitív inger**, például emocionális befolyás, a társadalom vagy a kisebb közösségek hatása – befolyásolja az egész szervezetben a citokinek működését.

Ma már tudjuk, hogy az ún. szimpatikus idegrendszertől befolyásolt immunsejtek által termelt különböző citokinek fogják eldönteni, hogy az emberi szervezet hogyan védekezik a betolakodó vírussal, baktériummal szemben. De az idegrendszer befolyásolni tudja azt is, hogy milyen típusú betegségek jelennek meg, és a gyógyulásban is segít. Nagyon érdekes Galénosz, híres görög orvos (Kr. u. 129–199) megfigyelése, aki azt állította, hogy a szangvinikus asszonyok kevésbé hajlamosak betegségekre, mint a melankolikus alaptermészetűek. A neuroimmunológiai kutatások Galénosz észlelését megerősítették.

Betegségről beszélünk akkor is, ha az egyén elhaló saját sejtjeinek száma meghaladja a születő sejteket vagy fordítva, amikor a sejtek születésének a száma meghaladja az elhaló sejtek számát. Mindkét esetre tudunk példát. Az utóbbi eset talán legjellemzőbb példája az, hogy ha megnövekszik egy bizonyos sejtféleség száma az elhalókhöz viszonyítva, akkor daganat keletkezik; nemegyszer rosszindulatú daganat. A géntechnológia és a genetika robbanásszerű fejlődésének eredményeképpen az elmúlt tíz év során a rákelméletnek egy egészen új koncepciója fejlődött ki. Az idegrendszer állapota jelentősen befolyásolja például azt, hogy a sejtpusztulások száma lecsökken, az egyes szervek sejtjei szaporodni kezdenek és daganatos, jó- vagy rosszindulatú megbetegedés lép fel. Ilyenkor allergiás megbetegedések jelenhetnek meg, vagy tartós fertőzések léphetnek fel. Ilyen betegségek lépnek fel elsősorban azokon, akiknek élete tele van konfliktusokkal, stresszel. Ilyen esetekben a központi idegrendszeren keresztül a szimpatikus idegrendszerből felszabaduló ingerületátvivő anyag, a noradrenalin szabadul fel nagy mennyiségben és β_2 receptoron, jelfogón keresztül (3. ábra) befolyásolja az immunrendszert úgy, hogy a **TNF-alfa** immuncitokin termelése lecsökken, a másik fajtáé (**IL-10**) viszont megnövekszik. Ebben az esetben a rosszindulatú daganatok keletkezésének esélye jelentősen megnő, hiszen a sejt szaporodásnak nincs akadálya. Továbbá ilyenkor a tartós fertőzések fellépésének esélye is nagy. A **daganatimmunológiai** kutatásoknak rövidesen az lehet az eredménye, hogy az egyes egyének immunrendszerét úgy tudjuk majd befolyásolni, hogy a „gyilkolni” képes sejtek csak a daganatsejteket pusztítják el, és az ép, egészséges sejteket érintetlenül hagyják. Ez feltételezhetően a rák gyógyítását fogja jelenteni.

Ha a szimpatikus idegrendszer egyáltalán nem működik vagy lecsökken az aktivitása, akkor a TNF-alfa mennyisége a vérben megnő, és szabad gyökök képződnek, például **nitrogén-monoxid** (NO), ami a sejtek továbbélését károsítja, és ez súlyos következményekkel jár: a sejtek károsodnak, elpusztulnak – több sejt pusztul el, mint ahány keletkezik. Mi történik akkor, ha megnövekszik az elhaló sejtek száma valamelyik szervünkben? Ebben az esetben olyan betegségek lépnek fel, mint az **isémiás** megbetegedések, az agyvérzés, a szívinfarktus. Néha a szívizom tömege kisebb lesz, mert a szívizomsejtek, a miociták száma – öngyilkosságra való hajlamosságuk megnövekedése miatt – lecsökken. Ilyen esetben dekompenzáció, szívelégtelenség keletkezhet, és ennek következtében olyan keringési zavarok, amelyek a halálhoz vezethetnek. A megnövekedett **apoptózis** miatt a sejtek száma csökkenni kezd, szöveti **atrófia**, vagy – a központi idegrendszerben az idegsejtek fokozott elhalása miatt – például **Alzheimer-kór** vagy **Parkinson-kór** keletkezhet, továbbá celluláris **autoimmun betegségek** (pl. ízületi gyulladás) és a hasnyálmirigy inzulintermelő béta-sejtjeinek pusztulására visszavezethető, inzulinfüggő cukorbetegség. Tehát az idegrendszernek lényegesen nagyobb szerepe van a bennünk lejátszódó történetekben, mint azt eddig gondoltuk. Mint ezek a példák is mutatják, minden egyes szervben, a májban, a vesében, a szívben, a bélben stb. tulajdonképpen állandó küzdelem folyik a sejtek élni akarása és a sejtek elhalása között. Ezt a harcot nemcsak az

Tumor nekrozis faktor (TNF-alfa):

immunsejtekből különböző behatásokra felszabaduló citokin, az immunválasz kialakításában van szerepe.

IL-10:

interleukin 10., a szervezet immunsejtjei által termelt citokin.

Daganatimmunológia:

a daganatos megbetegedések immunológiai vonatkozásainak (pl. immunrendszer hibái, az immunrendszert célzó terápia) kutatása.

Nitrogén-monoxid (NO):

egy újonnan felfedezett, gáz halmazállapotú idegi ingerületátvivő anyag. Feltételezhetően egy-egy jelfogó ingerlése után egy enzim kezdi el az NO termelését, és az NO a sejtek között diffundálva éri el célállomásait.

Isémia:

a szervezetre, szervekre, szövetekre jellemző oxigén- és cukorhiányos állapot; oka leggyakrabban az adott területék vérellátásának csökkenése.

Apoptózis:

programozott sejthalál; a sejtek genetikai kódjában tárolt és szükség esetén aktiválható mechanizmusok, melyek az adott sejt elpusztulásához vezetnek.

Atrófia:

a biológiában a már egyszer kialakult szövetek, szervek, mennyiségének fogyását, leépülését jelenti; sokszor a struktúra felbomlásával jár együtt.



3. ábra. Az idegrendszer és az immunrendszer kapcsolata

Alzheimer-kór:

agyi degenerációs megbetegedés. A betegség a memória teljes elvesztésével, a személyiség leépülésével jár, elkülönítendő az idős korral járó leépüléstől; az Alzheimer-kór korábban jelentkezik, és gyorsabb lefolyású.

Parkinson-kór:

agyi degenerációs betegség; elsősorban a mozgáskoordinációért felelős agyterület károsodik (a dopamin-beidegzés csökken, illetve megszűnik). A betegek jellemző a mozgáskorlátozottság, a merev végtagok és a kézremegés.

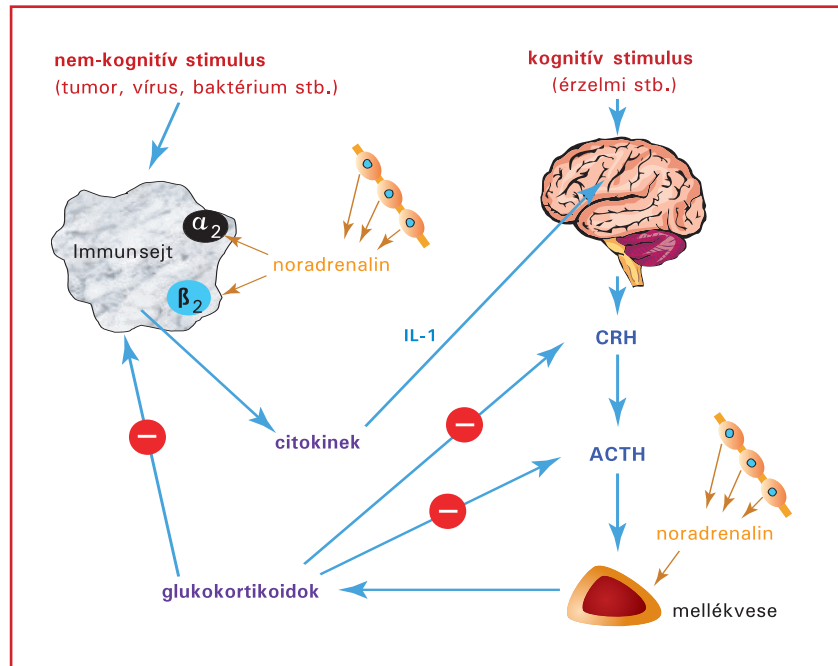
Autoimmun betegségek:

a szervezet védekező (immun-) rendszerének olyan kóros működése, amely a saját szervek, szövetek ellen irányul, és különböző szervek megbetegedéséhez vezet.

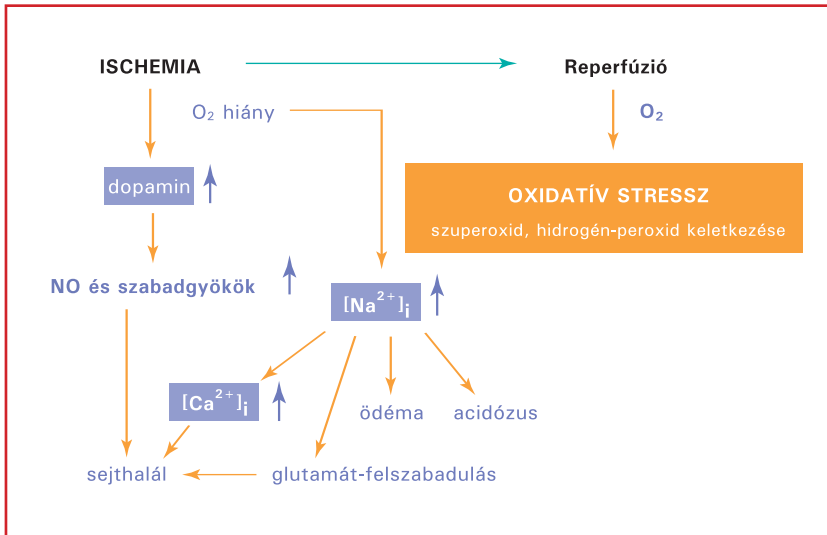
Endotoxin:

belső károsító anyag, az „endo” rész utal az endogén eredetre, a „toxin” pedig a különböző külső toxinokkal, például bakteriális toxinokkal, károsító anyagokkal való hasonlóságra hívja fel a figyelmet.

ősöktől genetikailag megörökölt, a sejtekbe beépített tulajdonságok révén befolyásoljuk, hanem születésünk pillanatától kezdve újabb lehetőségek keletkeznek bennünk kognitív (pl. pszichés) és nem-kognitív (pl. a mérgező anyagok, **endotoxinok** keltette) külső ingerek hatására.



Az idegrendszer és az antiimmunrendszer kapcsolata (neuroimmun kölcsönhatások): az élő szervezet működésének és integritásának biztosítása nemcsak magasfokúan specializálódott szerveket és szervrendszereket hozott létre, hanem ezek finoman összehangolt működését és többirányú kommunikációját is. A szervezetet az élet során olyan különböző külső és belső stimulusok érik, amelyekre homeosztázisának megővése érdekében válaszreakciókat ad. Ezek a stimulusok igen sokféle lehetnek, és típusuktól függ, hogy mely szerv(rendszer) az elsődleges támadáspontjuk. Így a nem-kognitív stimulusok (pl. fertőzés, tumor) esetén az immunrendszerben, míg a kognitív stimulusok (pl. érzelmi hatások) esetén a központi idegrendszerben jönnek létre azok az elsődleges válaszreakciók, amelyek egyrészt közvetlen hatásúak, másrészt beindítják a további védekező mechanizmusokat. Az ábrán feltüntetett kognitív stimulusok hatására a szimpatikus idegrendszerből egyrészt nagyfokú noradrenalin (NA)-felszabadulás jön létre, másrészt a hypothalamus CRH (corticotropin-releasing hormon) és hatására a hypophysis ACTH (adrenocorticotropic hormon)-termelése fokozódik, ami a továbbiakban a mellékvesekéreg glukokortikoid hormon termelésének növekedését idézi elő (ún. HPA-axis). Az NA az immensejtek felszínén expresszálandó α_2 - és β_2 -adrenoceptorokon keresztül közvetlenül is képes az immunválasz (pl. a citokintermelés) szabályozására, másrészt a mellékvese glukokortikoid-termelésének befolyásolása révén közvetett immunmoduláns (általában immunszuppresszív) hatást is kifejt. A nem-kognitív stimulusok elsődleges célpontjai az immunrendszerhez tartoznak. A stimulusok hatására az immensejtek különböző olyan mediátorokat (pl. immunglobulinok, citokinek, szabad gyökök, prosztaglandinok stb.) termelnek, amelyek nemcsak az immunológiai védekezés szempontjából fontosak, hanem képesek például a központi idegrendszer működését is befolyásolni. Ezt mutatja be az ábra az IL-1 (interleukin-1) citokin esetén, amelyről a kutatások kimutatták, hogy mennyiségének növekedése a központi idegrendszer működésében jellegzetes elváltozásokat (alvási és táplálkozási zavarok, levertség, láz) idéz elő.



4. ábra. Az agyi vérellátás hiánya és megszűnése

A reaktív szabad gyökök felszaporodásának, az oxidatív stressznek fontos szerepe van a keringési zavarok következtében kialakuló idegi sejthalásban is. Ha az agyi vérkeringésben átmenetileg vagy tartósan zavar áll be, melyet az orvosi nyelv isémiának nevez (a népnyelvben: szélütés, gutaütés), az idegsejtek nem jutnak az életműködésükhöz nélkülözhetetlen oxigénhez, mely a felvett tápanyagok energiává alakításához szükséges. Az energia a sejtekben ATP formájában raktározódik, és energia hiányában az idegek ingerlékenységét fenntartó energiaigényes iontranszport-mechanizmusok működése károsodik a leghamarabb, aminek következtében a Na^+ ionok sejten belüli szintje megemelkedik. A Na^+ -szint emelkedése mélyreható változásokat okoz az ingerlékeny sejtek működésében: többek között tovaterjedő idegi aktivitás keletkezik, és az Na^+ -függő transzmitter visszavevő fehérjék működésének iránya megfordul. Mindezen folyamatok eredményeként a neurotranszmitterek nagy mennyiségben szabadulnak fel a szövetközi térben, és tovább ingerlik a neuronokat, kimerítve az amúgy is lecsökkent energiataralékokat. Az ilyen körülmények közt kiáramló transzmitterek közül különösen fontos szerepe van a noradrenalinnak, amely a vérkeringés megindulásakor (reperfúzió) az előbbiekben bemutatott módon szabadgyök-képződést és oxidatív stresszt idéz elő, csakúgy, mint a glutamát, amely a NO-termelésnek a kiváltó faktora. A sejten belüli Na^+ -szint további, a folyamatot súlyosbító eseményeket is előidéz. Ilyen a sejthalált közvetlenül beindító ún. szuicid fehérjék aktiválásáért felelős másik ion, a Ca^{2+} szintjének fokozása, az idegsejtek vízfelvételek és a sejthalált megelőző duzzadásának előidézése (ödéma), illetve a sejten belüli pH savas irányban történő eltolódása (acidózis). Mindezen folyamatok végeredménye az idegsejtek halála, a neurodegeneráció, mely akkor is bekövetkezik, ha az átmeneti vérellátási zavar után a keringés újra beindul.

Az idegrendszer mindenkori állapota tehát nagyon komoly befolyást fejt ki az immunrendszerre, amely egyrészt mint egy őr megóv bennünket a vírusokkal és baktériumokkal szemben, másrészt pedig a sejt életének minden pillanatában a benne kódoltan jelen levő, a sejt életét és halálát jelentő mechanizmusokat is befolyásolja. A jövő gyógyszeres terápiája az immunrendszer működésének tudatos befolyásolása lehet.

Az isémiás megbetegedésekben (4. ábra) – például az agyvérzésben, az infarktuszban – a sejtekben oxigénhiány és **glukózhány** lép fel. Ez a központi idegrendszerben egy **kémiai ingerületátvivő** anyag, a **dopamin** ún. **nem-szinaptikus** felszabadulását, valamint nitrogén-monoxid és szabad gyökök keletkezését okozza. A sejtekben keletkező szabad gyökök, vala-

Glukóz:
cukor.

Kémiai ingerületátvivő anyag:

ezek az anyagok biztosítják a sejtek közötti kommunikációt az egyik sejtől történő felszabadulásukkal. A célsejteken az ingerületátvivő anyagokra érzékeny jelfogók vannak, melyek átalakítják a kémiai ingert a sejt számára érthető elektromos aktivitásra, illetve más hírvivő rendszerekre.

Dopamin:

kémiai ingerületátvivő anyag, egy aminosavból alakítják át erre speciálisan kialakult idegsejtek, melyek képesek ennek az anyagnak a felszabadítására is.

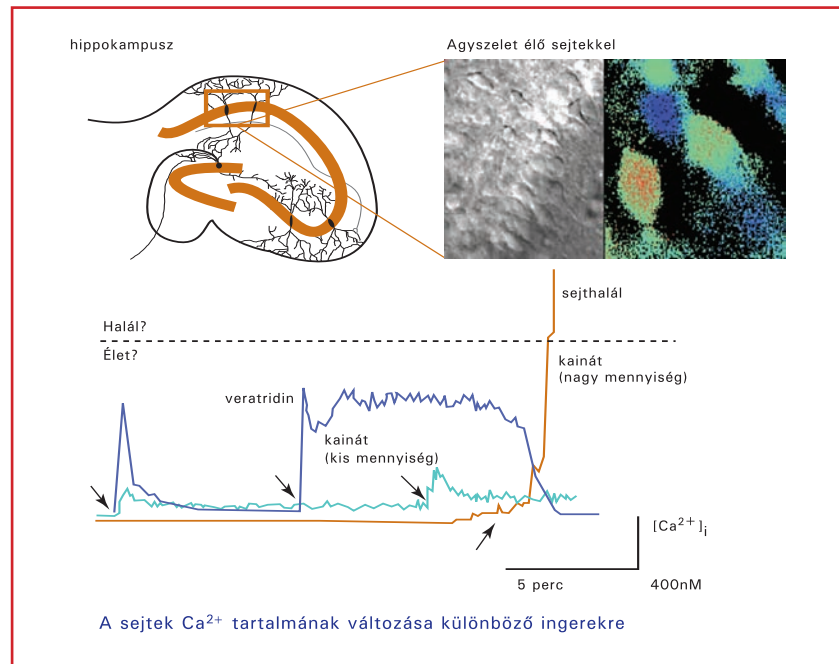
Nem-szinaptikus felszabadulás:

a sejtek közötti kommunikáció formáinak egyik típusa. A nem-szinaptikus beidegzések döntő többségükben nem képeznek szinapszist, hanem távolról, kémiai anyagok segítségével hoznak létre tartós kapcsolatot, mintegy rádióhullám-szerűen.



mint a bontóenzimek, az ún. **kaspázok** az örökítő anyagot, a DNS-t éppúgy károsítják, mint a sejtek szerkezetének fenntartásában fontos szerepet játszó **lipideket** és a **fehérjéket**; elősegítik a kóros folyamatok fellépését, a sejtek elhalását, és a szövetek korai öregedését okozzák. De az ún. dajkafehérjék, amelyek a szervezetet, a sejteket ért ingerek hatására képződnek, megpróbálják a károsodott sejteket meggyógyítani.

5. ábra. *Élet – halál*



Kaspázok:

a sejtek által termelt, a sejtkatrészeket is bontani képes fehérjék, enzimek.

Lipidek:

a sejtek zsírtermészetű anyagai, ilyenek építik fel a sejtek határoló felületeit, a membránokat is.

Fehérjék:

a sejtekben a gének a fehérjéket kódolják. Idetartoznak az enzimek, az átvívó anyagok érzékelői, és szinte minden sejtfunkcióra található egy vagy több fehérje.

Szuperoxidok, hidrogén-peroxid:

oxigén tartalmú szabad gyökök, igen reaktív anyagok.

A sejtek válasza élettani és kóros ingerekre. A sejtek szempontjából a különböző élettani és kórélettani ingerek hatására fellépő változások mutatják azt, hogy egy adott sejt egy adott pillanatban életképesség szempontjából hol helyezkedik el. Az ábra bal felső sarkában egy agyterület, a rövid távú memóriatárolásban fontos szerepet játszó hippocampus vázlatos rajza látható. A mellette elhelyezkedő kép egy kísérletezés során keletkezett kép (érzékeny CCD kamera használatával), amely a rajzon látható téglalap alakú terület sejtjeit mutatja. Amennyiben ezeket a sejteket fluoreszcens, kalciumionokat érzékelő festékkel töltjük fel, a kibocsátott fényt a kamerával mérni tudjuk, és az ábra jobb felső sarkában látható képet kapjuk. Több ilyen, különböző időpontban készített képnek az elemzésével (a sejtek helyén a fluoreszcens fényerősség mérésével) az ábra alsó részén látható görbéket kapjuk. A három szín három egymás mellett fekvő sejtet jelöl. Egy elektromos ingerlésre (első nyíl), amely élettani körülmények között előforduló behatást modellez, változatos válaszokat kapunk. Egy kóros állapotokban előforduló inger (ezt szolgáltatja a veratridin, egy növényi toxin, második nyíl) egyes sejtekben nehezen kezelhető, de még túlélhető változásokat okoz. Más sejtekre ez a szer nincs hatással, ezek minden bizonnyal védve vannak. A zöld színnel jelölt sejt a kórélettani ingerre nem reagált, de a különböző élettani ingerekre (elektromos inger – első nyíl; kainát – harmadik nyíl) jól szabályozott kalcium-válaszokat adott. Végül van olyan sejt is (piros szín), ahol a veratridin ingerlés nem-kompensálható kalciumnövekedést okoz, ami végül a sejt halálához vezet.

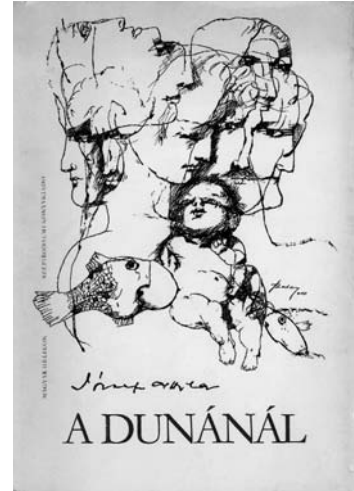
Amikor a sejtek hirtelen ismételt oxigénhez jutnak, **szuperoxidok** és **hidrogén-peroxid** keletkezik. A sejten belül képződött hidrogén-peroxid, amely ingerületátvivő anyagból (noradrenalin, dopamin) is képződhet,

erős oxidálószer, melynek rendkívül fontos szerepe van a sejthalálban. Az oxigén ebben az esetben mint negatív tényező szerepel. Tehát a szervezet úgy van felépítve, hogy egy időben képes az életet és a halált is támogatni. Ennek egy szép példája az egyébként életfontosságú kalcium (Ca^{2+}) sejten belüli koncentrációja: bizonyos szintig az életet szolgálja, egy bizonyos szint felett (5. ábra) a sejt elhalásához vezet.

Mitől függ, hogy melyik hatás érvényesül? Függetlenül az életünk során bennünket ért külső és belső hatásoktól, de függ a két szülőttől, az őseiktől genetikailag átörökített háttértől is.

A költő József Attila így fogalmazza ezt meg *A Dunánál* című versében:

„Meggzólítanak, mert ők én vagyok már;
gyenge létemre így vagyok erős,
ki emlékszem, hogy több vagyok a soknál,
mert az ősejtig vagyok minden ő –
az Ős vagyok, mely sokasodni foszlik:
apám- s anyámmá válok boldogon,
s apám, anyám maga is ketté oszlik
s én lelkes Eggyé így szaporodom!”



Az egyes ember megismételhetetlensége, az agy szerepe

Minden egyes sejtben genetikailag kódolva van az élet és a halál lehetősége. A sejtek megszületnek és elhalnak olyan sebességgel, hogy egy év alatt szervezetünk szinte valamennyi sejtje helyett új keletkezik. Hát ha ez így van, akkor hogyan lehetséges, hogy az „én”-t jellemző sajátosságaink, lelki tulajdonságaink meglehetősen állandóak, az én-tudatunk nem változik?

Descartes azt mondta: „Cogito ergo sum” – azaz „Gondolkodom, tehát vagyok”. Az „én” tudata minden kétséget kizáróan az agy működésével van összefüggésben. Az egyén haláláról, az „én”, a szubjektum végleges megszűnéséről akkor beszélünk, ha az agy működése megszűnik, azaz amikor beáll az agyhalál.

Az agy **neuronhálózata**i tehát kulcsszerepet játszanak én-tudatunk fenntartásában. Agyhalál esetén a neuronhálózatban már nincs **elektromos aktivitás**, az **akciós potenciálok** nem futnak végig az idegsejteken, hatásukra kalciumionok nem lépnek be az idegsejt végkiszülékébe, nem szabadul fel kémiai ingerületátvivő anyag. Tehát nemcsak üzenetet nem küldenek az idegsejtek, de az üzenetközvetítő ingerületátvivő anyagok, a transzmitterek sem szabadulnak fel. Az egyébként nagyon „beszédese” ideghálózat végérvényesen elnémul. Ezzel egy időben az ingerületátvivő

Neuronhálózat:

az agysejtek (neuronok) egymással számos ponton képesek kapcsolódni (egyes sejtek esetében ez több tízezer is lehet sejttenként), s ez a kapcsolódás komplex egységként, hálózatként képes viselkedni.

Agy elektromos aktivitása:

az agysejtek sokoldalú ingerelhetőségüket a membránjukban ülő ioncsatornáiknak köszönhetik. Amikor az ionok egy ingert követően ezeken átvándorolnak, akkor a töltések elmozdulása miatt ez a kicsiny elektromos áram megmérhető; a sejt, illetve a sejtek együttese, az agy elektromosan aktív.

Akciós potenciálok:

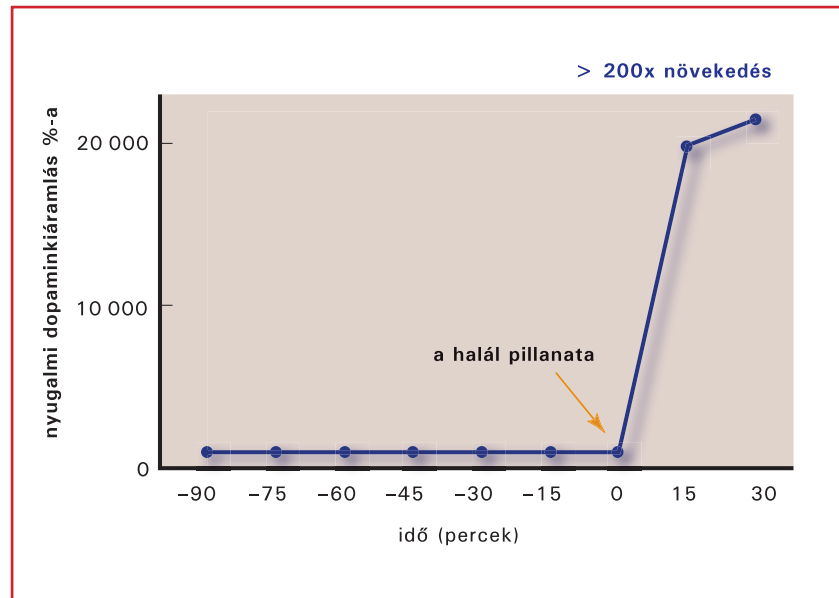
az agysejtek ingerlésükkor nátriumionokat engednek be a belsejükbe, ami tovaterjed a sejtnyúlványokon mint elektromos aktivitás.



anyagoknak az elektromos aktivitástól független kiáramlása indul meg, amely az extracelluláris térben nem-szinaptikusan (Vizi, 1984) egy állandó hatást fejt ki a még működő neuronhálózatra nagyon érzékeny jelfogókon (receptorokon) keresztül.

Kutatásaink szerint a halál közeli állapotban, amelyet a teljes agyi isémia hoz létre a **limbikus** rendszerben, például dopamin, a „boldogság hormona” szabadul fel nagy mennyiségben (6. ábra).

6. ábra. *Post mortem* dopamin-felszabadulás



Limbikus területek:

az érzelmi reakciókban szerepet játszó agyi területek. Ide tartozik többek között a nucleus accumbens és az amygdala is.

Ecstasy:

3,4-metilén-dioximetamfetamin (MDMA), közismert kábítószer. Az ecstasy az agyban a felszabadult dopamin sejtebe történő visszavételét befolyásolja.

Neurokémia:

az agykutatások kémiai anyagokkal, elsősorban a kémiai ingerületátvivő anyagokkal foglalkozó területe.

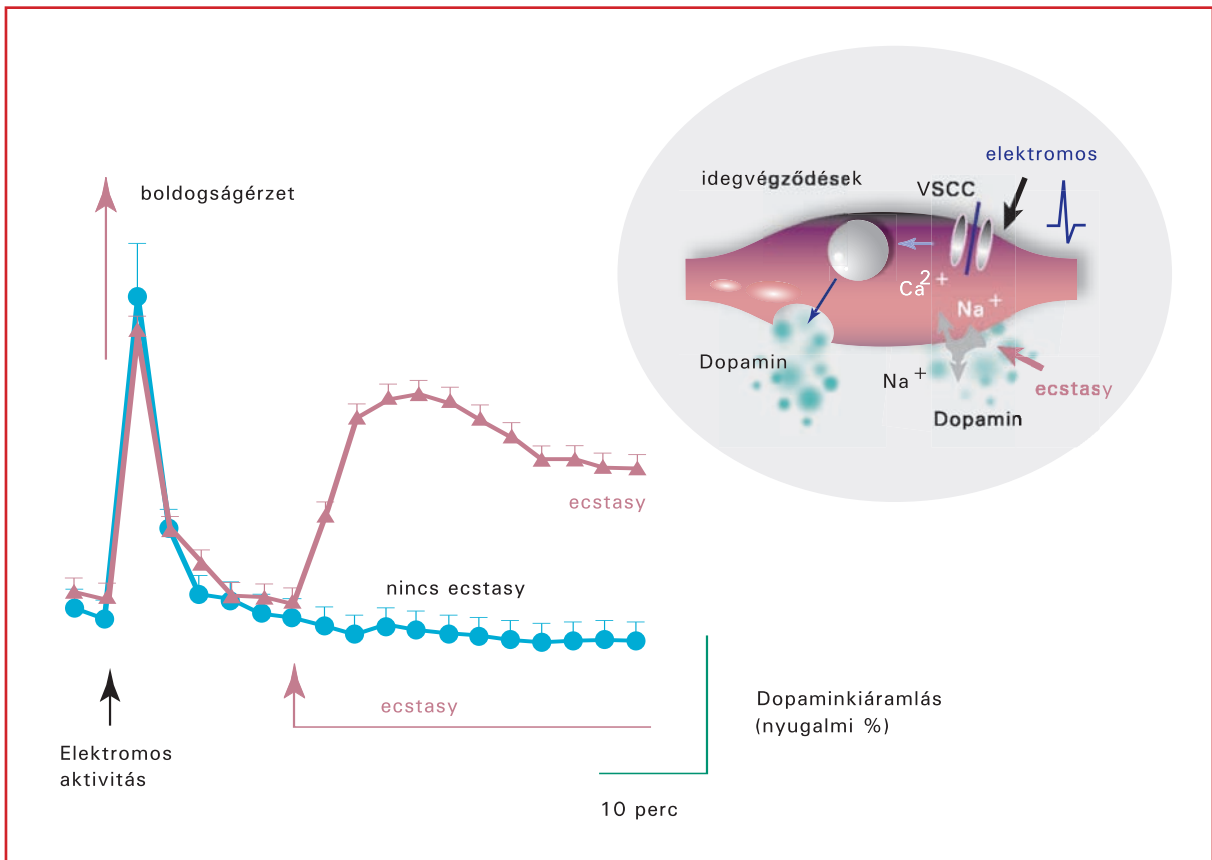
Cardiovascularis:

szív- és érrendszeri.

A klinikai halál állapotát túlélő emberek beszámolóiból vált közismertté az a tény, hogy a halál beálltán sok esetben kíséri valamiféle eufória, boldogságélmény. Érdekes módon a halál pillanatában is robbanásszerű dopaminkirárlás figyelhető meg, ami a halál beálltakor tapasztalható boldogságélmény neurokémiai magyarázata lehet. A fenti *in vivo* kísérletben a kísérleti állatok elhalálzásakor több mint kétszázszorosára növekedett meg a dopamin mennyisége az agyban, a sejtközötti térből elvezetett folyadékban.

Meg kell említeni, hogy a kábítószeres, drogok (amfetaminok, **ecstasy**, nikotin, kokain stb.) egy része is úgy fejt ki azt a hatását, amely érzéshez könnyen hozzá lehet szokni, hogy fokozza különböző mechanizmusok révén a limbikus rendszerben a dopamin felszabadulását (7. ábra).

A halál nemcsak biológiai kérdés, hanem nagyon sok szociális és jogi problémát is érint. Csak egyetlen példát említve: a halál közeli betegek ellátásában részt vevők erkölcsi és szakmai kötelessége, hogy a haldokló emberi méltósága ne sérüljön. A **neurokémiai** kutatásaink szerint a **cardiovascularis** működés megszűnésével, a szív működés és a légzés leállításával az oxigén- és glükózhány miatt az agy limbikus területén a boldogsághormon, a dopamin hatalmas mennyiségben szabadul fel, és ez a haldokló számára az élet legutolsó pillanataiban feltételezhetően kellemes érzéseket biztosít. Lehetséges, hogy az utolsó pillanatokban boldogok vagyunk.



7. ábra. „Boldogsághormon”

A ma ismert kábítószernek legnagyobb része az agyban az ún. önjutalmazásért felelős területeit ingerli, ezek közé tartozik a nucleus accumbens nevű agyag is. A kábítószer és pszichés örömlélményt okozó drogok hatásában közös, hogy valamennyien, így például az ecstasy, a dopamin nevű ingerületátvivő anyag kiáramlását idézik elő a nucleus accumbens idegvégződéseiből. A felszabaduló dopamin ezt követően további agykérgi neuronális köröket ingerelve hozza létre az eufória vagy pszichés kielégülés élményét. A fenti kísérletben agyszleteket izoláltunk, és elektromos téringerléssel az agy normál működését modellező idegi aktivitást hoztunk létre („elektromos aktivitás”), mely átmenetileg jelentősen fokozta a dopaminkiráramlást a sejt közötti térbe. Hasonló mértékű, de tartósabb dopaminfelszabadulást okoz, ha az agyszleteket ecstasy hatásának tesszük ki.

Neuronhálózataival segítségével agyunk a kognitív és nem-kognitív ingerekre nemcsak mechanikus válaszokat ad, hanem azokat érzellemmel, idő- és térbeli, valamint mennyiségi tulajdonságokkal ruházza fel. Az egyén az agyának 10^{10} bit kapacitását kihasználva a döntések meghozatalánál a múltban történt cselekményeket, a kiváltott érzelmeket, a velük kapcsolatos értékítéleteket veszi figyelembe, és személyes múltjának sok-sok ezer vagy millió döntését integrálva néhány tizedmásodperc alatt válaszol a külvilági ingerekre. Az emberek egyénfejlődése eltérő, még ha egy családban nőnek is fel. Fejlődésük során egymástól eltérő hatások érik őket, különböző módon ítélik meg a velük történeteket, és eltérő emlékképeket raktároznak el. Még az **egypetéjű ikrek** is, akik genetikai kódjaikat illetően teljesen hasonlóak, eltérő módon gondolkodnak, érzelmviláguk sem teljesen egyforma. Sőt **szerzett immunitásuk** sem azonos. Ez az oka annak, hogy mindenki másképp éli meg a körü-

Egypetéjű ikrek:

olyan ikerpár, akiknek a genetikai anyaga, kromoszómái tökéletesen megegyeznek, mert ugyanaból az egy hímivarvejtől származnak. Eltérő tulajdonságaik csak az eltérő egyedfejlődésből, különböző környezetből eredhetnek.

Szerzett immunitás:

az immunrendszer egy része nem születésünktől fogva van jelen; amikor a gyermekek először találkoznak egy-egy baktériummal, vírussal, immunrendszerük akkor építi ki speciális védelmet az adott támadóanyaggal szemben.



lötte történeteket, és eltérő választ ad az őt ért ingerekre. Ez az egyedi különbség, ez a másság, gondolataink, érzéseink egyedenként eltérő megformálása a világ fejlődésének igazi forrása. Ez az oka, hogy a diktatúrák halálra vannak ítélve, hogy a világ elgépiesedése, *Az ember tragédiájának* falansztere Madách Imrénél, Aldous Huxley *Szép új világának* engedelmes munkáshada, a Steven Spielberg filmjeiben szereplő mesterséges intelligenciák, robotok emberek feletti uralma nem valósulhat meg, ezért nem következhet be, hogy a világ elgépiesedik, dehumanizálódik, elveszti emberi léptékét. Az előbbiekhöz hasonlóan Spielberg egyik legutóbbi tudományos-fantasztikus filmjének, az *A. I.-nek* (Artificial Intelligence, Mesterséges Intelligencia) az a mondanivalója, hogy a tizenkét éves David – egy olyan nagy teljesítményű komputer, amelybe technikusa emberi érzéseket programoz be – nem válhat emberré. Nem válhat emberré, mert nem lesz önálló tudata, mert soha nem fog rendelkezni az ember szabad akaratával. Az ember igazi énjének, a megismerés eszközének, az emberi agy működésének feltárása, megismerése egyértelműen azt bizonyítja, hogy az ipari és kulturális termelést, az ízlést, sőt az egész társadalmat uniformizálni akaró törekvések, a diktatúrák rendszeridegenek az emberi agy számára. Amíg az emberi agy alapstruktúrája a genetikai fejlődés több millió éves folyamatának terméke, az „én” kialakulása, fejlődése a megtermékenyítéstől a halálig tart. Azonban az élet minden pillanatában rendkívül gyors tanulási folyamatok és biológiai, kognitív hatások befolyásolják agyunk működését, sőt az elhaló és keletkező idegsejtek mennyiségét is.

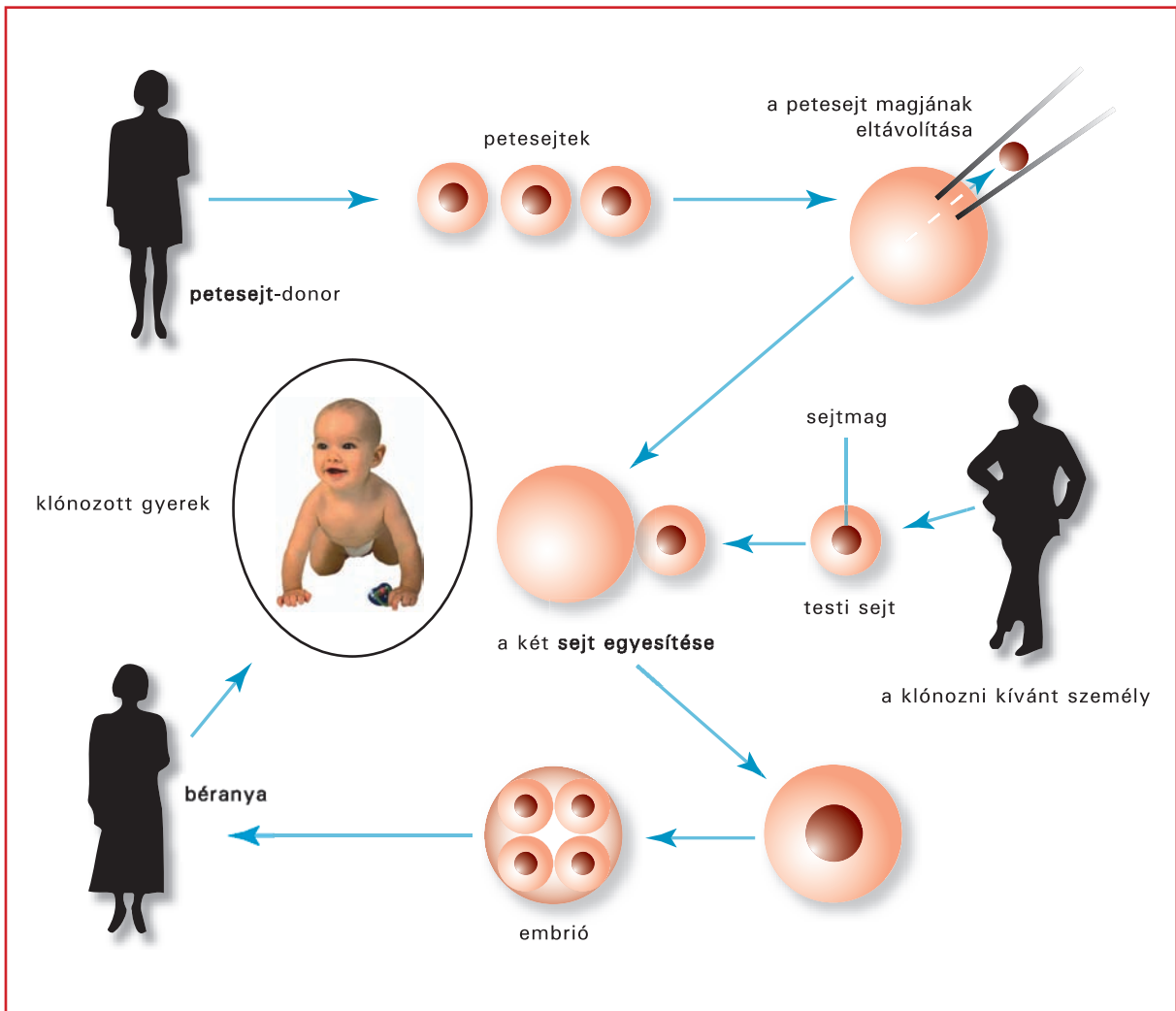
Folyamat	Időtartam
Emberi faj fejlődése	~ 1 000 000 év
Ontogenezis, az „én” kialakulása	~ 80 év
Tanulási folyamatok	~ sec, min

Klónozás:

speciális eljárás, melynek segítségével egy sejt genetikai állománya egy kromozómát nem tartalmazó petesejtbe vihető át, így a petesejt biztosítja egy új egyed kifejlődését, míg a gének nem mentek keresztül változásokon, megegyeznek a donor génjeivel.

Napjainkban állandóan felmerül egy nagyon izgalmas kérdés: van-e két teljesen egyforma ember? A kérdésre a válasz a génállomány tekintetében az, hogy igen, van. **Klónozással** elő lehetne állítani egy embert. Az embert igen, de az Embert nem. Az orvostudomány technikailag már képes lenne hasonmás embereket előállítani. Tehát a „mérték szerint készült ember” ma már nem a képzelet alkotása. A klónozás az embertenyésztés egyik lépése. A klónozni szó egy élő minta utáni genetikailag azonos élőlény előállítását jelenti (8. ábra).

Egyébként az egypetűjű ikrek ilyenek, kromozómaállományuk teljesen azonos. Az előbb említett okok miatt még sincs két egyformán működő agy a világon, tehát nincs két egyforma „én”-nel rendelkező ember. A mai napig nem született két egyformán gondolkodó ember, de az ideghálózatok felépítésében és működésében, valamint az immunrendszerben is óriásiak a különbségek. Ez a legfontosabb, és ez dönti el, hogy lehetséges-e két teljesen egyforma Embert létrehozni. Az agy térfogatában, amely a *Homo sapiens sapiens* 100–200 ezer éves fejlődésének eredménye (9. ábra), jelentős különbségek vannak emberek között, de az agy működésében, a szellemi tevékenység minőségében ez nem játszik szerepet, hiszen például a híres francia író, Anatole France agya az átlaghoz viszonyítva (1300 cm³) nagyon kicsi volt, csak 1000 cm³.



Emlős/emberi klónozás: a sejtek örökítő anyaga, kromoszómaállománya magjukban található. Az ivarsejtek a testi sejtek kromoszómaállományának felét tartalmazzák. A hímivarsejt és a petesejt egyesülésével összeáll a teljes kromoszómaállomány, és megfelelő körülmények között megindul az egyed fejlődése. Az egyed klónozása azt a mesterséges beavatkozást jelenti, amelynek során egy petesejt magját mikrosebészeti eszközök segítségével eltávolítják, és helyébe egy donoregyed kiválasztott testi sejtjének magját (benne teljes kromoszómaállományával) ültetik. Az eljárást ezért nukleáris transzfernek („magátültetés”) is nevezik. Az egysejtes embrió fejlődését ezt követően mesterségesen beindítják, és sejt kultúrában tartják pár napig, amíg megfelelő számú osztódást és fejlődési állapotot ér el. Ezután egy hormonális kezeléssel előkészített fogadó nőstény méhébe ültetik, ahol a megszületésig tovább fejlődik. Az eljárást kétél-tűeken kísérletezve fejlesztették ki az 1950-es években, de azóta sikeresen alkalmazzák emlősök (pl. birka, tehén) esetében is. Természetesen a módszer hatékonysága és biztonsága nem tökéletes. Számos probléma merül fel a nukleáris transzfertről a megszületésig, sőt különböző elváltozások léphetnek fel azt követően is. Ezekre a problémákra előbb-utóbb megoldást találnak a kutatók, mint ahogy valószínűsíthető az ember klónozása is. A felmerülő komoly etikai problémák mellett a klónozásnak már most, valamint a közeljövőben megvalósítható számos orvosi és mezőgazdasági felhasználása lehetséges (pl. a donorsejt genetikai módosítása után gyógyszerfehérjék állati előállítására, xenotranszplantátumok létrehozása disznókban, kívánt génállományú és tulajdonságú haszonállatok létrehozása).

8. ábra. Reproductív klónozás

9. ábra. *Emberelőd – mai ember*

Nemrég fedezték fel az afrikai Csád területén a ma legidősebbnek tekinthető emberelőd koponyamaradványát, amely a „Toumai” nevet kapta – a név arra utal, hogy a lelet a száraz évszak környékén került napvilágra. Vitattott még, hogy ez a koponya az emberfélék ma ismert legősibb képviselője lenne, vagy az ősmajmokhoz tartozott ez az egyed. Mindenesetre a ma élő emberrel, a *Homo sapiens*szel, mely mai tudásunk szerint 100–200 ezer éve létezik, számos közös jelleget mutat. Bár az agykoponya még majomszerű, de az arckoponya, különösen a szemfogak helyzete, már a *Homo sapiens*t idézi, így könnyen elképzelhető, hogy egy – jóllehet igen távoli – ősről van szó.

Agyi magvak:

az agyban azonos feladatra (pl. információ továbbítása az érzékszervekből az agykéreg felé) szakosodott idegsejtcsoportok.

Endogén:

a szervezethez, az egyénhez viszonyítva belső eredetű. Például exogén (külső) anyag egy gyógyszer, aminek az endogén megfelelője egy, a szervezet által használt, illetve termelt anyag (ez utóbbit ugyanannak a folyamatnak, enzimnek, jel-fogónak a befolyásolására használja a szervezet).

Aszexuális:

nem-szexuális.

Az **agy** különböző **magvaiból**, például a locus coeruleusból, a raphe magokból vagy a substantia nigrából kiinduló különböző ingerületátvivő, **endogén** anyagot tartalmazó idegpályák, a noradrenerg, serotoninerg vagy dopaminerg neuronok például az egyén fejlődésének különböző fázisaiban idegzik be az agy egyes területeit, amelyeknek mérete, kiterjedtsége, kapcsolata más idegekkel stb. mindenkinél más és más, mivel a külvilági kognitív és nem-kognitív ingerek eltérő időpontban jelentkeznek és eltérő módon dolgozódnak fel. Ezen beidegzések végkészülékei döntő többségükben nem képeznek szinapszist, hanem távolról, kémiai anyagok segítségével hoznak létre tartós kapcsolatot (Vizi, 1984). Ez azt is jelenti, hogy ha valaki az orvostudomány fejlődésének legújabb eredményeit felhasználva etikailag teljesen elfogadhatatlanul klónozással, tehát **aszexuális** módon elő is állítana egy hasonmás embert, az az egyén fejlődésének megismételhetetlensége miatt már egy másik ember lenne, bár külsőleg nagyon hasonlítana arra, akitől a génállományt vették. Az agyban eltérő módon kifejlődő szinaptikus (digitális) és nem-szinaptikus (analóg) idegi kapcsolatrendszer hálózatai, továbbá az eltérő, érzelmileg is befolyásolt emlékképek tárolásának eltérő minősége miatt egy-egy ingerre mindenki eltérő módon válaszol. Ilyenek egyébként az egypetéjű ikrek: külsőleg ugyan nagyon hasonlítanak egymásra, de az énjük különböző, más lelki tulajdonságokkal és más szellemi képességekkel rendelkeznek. Ezért teljesen hamis az az állítás, hogy elő lehet állítani egy második Albert Einsteint, egy második Arisztotelészt vagy egy másik énünket. Az Ember tehát megismételhetetlen, egyedi jelenség. Az ember klónozása etikailag elfogadhatatlan. Egyrészt, mert kizárja a mutációt, tehát a génállomány

változásának természetes lehetőségét, és ezzel tulajdonképpen akadályozza a fejlődést, másrészt pedig ez a fajfenntartás teljes dehumanizálását jelentené, az ember méltóságát sértené. Az Ember megismételhetetlen.

Mint Kosztolányi Dezső írja *Halotti beszéd* című versében:

*„Ilyen az ember. Egyedüli példány.
Nem élt belőle több és most sem él,
s mint fán se nő egyforma-két levél,
a nagy időn se lesz hozzá hasonló.”*

Az emberi agy működésének és a tudattal való kapcsolatának **neurobiológiai**, pszichológiai és filozófiai megismerése, az emberi test minden egyes sejtjében genetikailag jelen lévő, a sejt számára továbbélést vagy pusztulást jelentő mechanizmusok titkának feltárása, a genetikailag továbbörökített betegségek génszabályozási gyógyítása századunk legnagyobb kihívása. E kérdések megoldása az átlagos életkort 15–35 évvel fogja megnövelni, az öregkori életminőség jelentős javulásához fog vezetni, és a teljes szellemi és testi munkaképesség határát két-három évtizeddel fogja megemlíni. Hogy aztán ennek milyen gazdasági, szociológiai, társadalmi hatásai lesznek, hogy a munkaerőpiacot ez hogyan fogja befolyásolni, az a társadalomtudományok számára jelent kihívást, de elodázhatatlan feladatokat ró a politika napi szereplőire is.

Élve az életet, az ember én-tudata az agy működésének kezdetétől annak végleges megszűnéséig egy hosszú utazás részese, amely alatt az az érzés, hogy útközben vagyunk, segít megfelfedezni a végpontról, a halálról, és lehetőséget ad, hogy boldogok legyünk.

Neurobiológia:

a biológiai tudományok idegrendszeri kutatásokkal foglalkozó ága.



Ajánlott irodalom

- Ádám György: A tudattalan reneszánsza. In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 31–45.
- Altrichter Ferenc: A tudat két aspektusa: intencionalitás és qualia. In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 135–143.
- Brock, D. W.: Human Cloning and Our Sense of Self. *Science*, (2002) Vol. 296. 314–316.
- Cadet, J. L. – Brannock Ch.: Free radicals and the pathobiology of brain dopamine systems. *Neurochemistry International*, 1998/32: 117–131.
- Elenkov, I. J. – Wilder, R. L. – Chrousos, G. P. – Vizi, E. S.: The sympathetic nerve – an integrative interface between two supersystems: the brain and the immune system. *Pharmacological Reviews*, 2000/52: 595–638.
- Gergely János: Miért optimista az immunológus a 21. század beköszöntése előtt? *Természet Világa*, 131. évf. 2000. I. különszám. 15–20.
- Gergely János – Erdei Anna (szerk.): Immunbiológia. Bp.: Medicina, 2000.
- Green, D. R. – Reed, J. C.: Mitochondria and Apoptosis. *Science*, (1998) Vol. 281. 1309–1312.
- Gulyás Balázs: Vizsgálhatók-e tudatos és nem tudatosuló agytevékenységek funkcionális képpalkotó eljárásokkal? In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 61–94.
- Hernád István: Az elme magyarázata: kemény dió. In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 119–134.
- Jáki Szaniszló: Mennyiségek és minden egyéb. In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 95–101.
- Kampis György.: Közelíthető-e egymáshoz a test és a tudat? In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 106–118.
- Kiss, J. P. – Vizi, E. S.: Nitric oxide: A novel link between synaptic and nonsynaptic transmission. *Trends in Neurosciences*, 2001/24: 211–215.
- Kopper László – Fésüs László (szerk.): Apoptózis. Bp.: Medicina, 2002.
- Medzhitov, R. – Janeway Ch. A. Jr.: Decoding the Patterns of Self and Nonself by the Innate Immune System. *Science*, (2002) Vol. 296. 298–300.
- Nicholson, D. W.: From bench to clinic with apoptosis-based therapeutic agents. *Nature*, (2000) Vol. 407. 810–816.
- Nigg, E. A.: The Cell Cycle in the Spotlight of Cancer Research. In: Max Planck Research 2/2002. 64–67.
- Papp Zoltán: A szervezeten kívüli megtermékenyítés. *Természet Világa*, 131. évf. 2000. I. különszám. 73–76.
- Popper, Karl R.: Test és elme. Az interakció védelmében. Bp.: Typotex, 1998.
- Sajó András – Sándor János: A gyógyíthatatlannak vélt „halálos” beteg jogi helyzete a tételes jog tükrében. *Magyar Tudomány*, 1996/7. 771.
- Thompson, C. B.: Apoptosis in the Pathogenesis and Treatment of Disease. *Science*, (1995) Vol. 268. 1456–1462.
- Vámos Tibor: Agygép-gépagy. In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 102–105.
- Vizi E. Szilveszter – Altrichter Ferenc – Nyíri Kristóf – Pléh Csaba (szerk.): Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002.
- Vizi E. Szilveszter: Az agy és a tudat kapcsolata, digitális és analóg ingerületátvivő rendszerek. *Magyar Tudomány*, 2001/10. 1152–1162; In: Agy és tudat. Bp.: BIP, 2002. 15–30.
- Vizi E. Szilveszter: Életünk végessége tehát egyben létünk értéke is. *Magyar Tudomány*, 1996/7. 769–770.
- Vizi E. Szilveszter: Hogyan „beszélgetnek” az idegsejtek? *Természet Világa*, 131. évf. 2000. I. különszám. 14–15.
- Vizi, E. S.: Non-synaptic Interactions Between Neurons. Chichester – New York, 1984.
- Vizi, E. S.: Role of high-affinity receptors and membrane transporters in nonsynaptic communication and drug action in the CNS. *Pharmacological Reviews*, 2000/52: 63–89.