

## A tanulás optimalizálása idegfiziológiai ismeretek tükrében

**Dr. Grastyán Endre**

*előadásának magnófelvételről történt áttétele. A szabad előadás a Győri Országos Zenepedagógiai Konferencián 1983. július 1-én hangzott el. Miután a gépelt szöveg nem képes visszaadni az élő előadás hangsúlyait és kiemeléseit, azokat néhány széljegyzettel kíséreltük meg érzékeltetni. Egyben, mintegy Grastyán professzor bevezetőjében elhangzott kívánságának eleget téve, ugyancsak széljegyzetekben emeltük ki azokat a pedagógus számára legfontosabbnak látszó gondolatokat, melyeket az elhangzottak bennünk ébresztettek.*

Mélyen tisztelt Hallgatóság!

Bevallom, nagyon nehéz helyzetben érzem magam. Nagy élvezettel hallgattam Bárdos Tanár Úr előadását, engem is lenyűgözött, és nehéz lépést tartanom egy ilyen atmoszférával. Nehéz helyzetben vagyok azért is, mert témám természeténél fogva hűvösebb, bár aktuális kérdéseket érint, és idegenül hathat ebben a környezetben már csak azért is, mert az Önök pedagógiai tevékenységéhez viszonyítva szélsőséges pontról indul el, s joggal mondhatják, hogy mi közünk hozzá!

Néhány szóval szeretném elmondani azokat az aggályokat és gondolatokat, amelyek a meghívás elfogadását illetően bennem lezajlottak. Egyik kedves kollégájuk győzött meg arról, hogy az idegfiziológus mondanivalója nem szükségszerűen érdektelen az Önök pedagógiai gyakorlatát illetően. A természettudomány ebben a században betört egy sor olyan területre, mely régen „tilos” területnek számított. Betör az értékek, az érzelmek területére és élményromboló hatásával igyekszik megmagyarázni azokat a csodálatos élményeket is, amelyeket a művészi tevékenység produkál, bár még messze van attól, hogy olyan fokú magyarázatot tudjon adni, ami feleslegessé teszi a zenepedagógusok és művészek foglalkozását.

Néha talán tetten tudjuk érni azokat a különleges, titokzatos mechanizmusokat, amelyek az agyunkban működnek, amikor ismereteinket megszerezzük, gyarapítjuk. Az elmúlt 2-3 évtizedben az idegfiziológia produkált néhány olyan eredményt, amelyek természetüknél fogva ugyan nem alkalmazhatók közvetlenül a gyakorlatban, de melyekből bizonyos következtetések levonhatók.

Az lett volna a kívánságom, hogy közvetítőként jelen legyen egy pedagógiai pszichológus, aki lefordítja a túlságosan távolinak tűnő fogalmakat. Miután azonban erre nem volt lehetőség, megpróbáltam magam vállalni azt a feladatot, hogy megismertessek néhány olyan alapvető idegfiziológiai törvényszerűséget, melyek alkalmasak arra, hogy saját egyéni pedagógiai tapasztalatainkkal összevegyjük. Gyakorlati tanácsot azonban csak a pedagógiai pszichológia hivatott adni. Bevallom, én is pedagógus vagyok, bár az orvostudományt ma az egész világon úgy oktatjuk, hogy megtanuljuk, de nem tanuljuk meg tanítani, hivatásszerűen nem vagyunk képzett pedagógusok. Amikor tanítani kezdtem, rákényszerültem ama, hogy a pedagógiai pszichológia irodalmát tanulmányozzam. Ennek ellenére fiatal orvos koromban inkább a lelkesedés volt oktatói sikereim forrása, mert a gyakorlatban továbbra is saját empíriámat alkalmaztam, s nem azt, amit a könyvekből tanultam. Figyelmeztetnem kell

Önöket, kétkedéssel fogadják, amikor bizonyos következtetéseket bizonyos idegrendszeri törvényszerűségekből levonok, mert nem tudok ellenállni annak, hogy saját pedagógiai tapasztalataimat ezekbe az idegrendszeri törvényszerűségekre néha tudattalanul is ne keverjem bele. Ez pedig hamisítás! Igyekszem önmérsékletet tanúsítani, ellenállva saját empíriámnak, s csak idegfiziológiai törvényszerűségeket kívánok bemutatni. Számomra igen jelentős tapasztalatot fog jelenteni e merész vállalkozás során, ha Önök rámutatnak arra, milyen következtetéseket találtak érdekesnek.

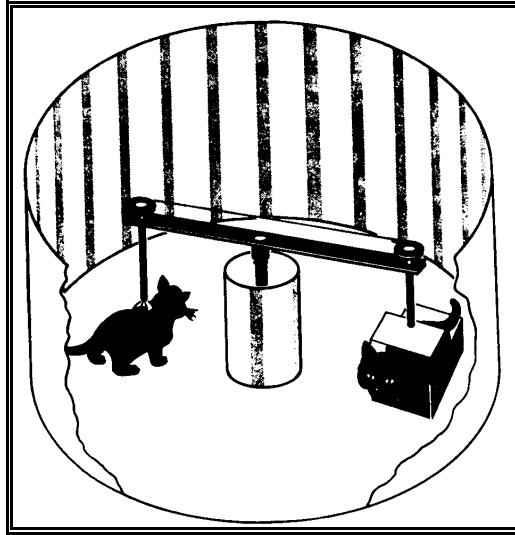
Az első, kissé fülsértő igazság Darwin gondolatmenete nyomán született. Darwin az egész élő világ cselekvésrendszerét az adaptáció fogalmával próbálta magyarázni. Szerinte minden, ami az élő világban történik - legyen az a hangyánál vagy a homo sapiensnél -, nem más, mint a környezethez való alkalmazkodás.

A biológia ezzel megfertőzte az élővilággal foglalkozó összes tudományágat. Befolyásolta azokat a pszichológiai irányzatokat is, melyek ma a terepet világszerte uralják. Majdnem mindenben darwini elvek jutnak kifejezésre.

A hagyományos filozófiai-pszichológiai felfogás a lelki jelenségeket három nagy tartományba sorolta, kognitív, affektív és motoros működésekre. Amit ma a neurobiológiai tudományok csinálnak, lényegében nem más, mint hogy e három mesterségesen elkülönített működési szférát közös nevezőre hozza, rámutatva arra, hogy miért és hogyan elválaszthatatlanok egymástól.

*(Az emberi megismerés, tanulás rendkívül bonyolult folyamatainak egyes részletei állatkísérletekben modellezhetők, egzaktan megismerhetők, s megkísérelhetjük, hogy az így megismert jelenségeket az emberi tanulási folyamat megértésére felhasználjuk.)*

Egy híres pszichológuspár a hatvanas évek elején egy bravúros, gyönyörű és nagyon egyszerű kísérletet végzett. Ez a példa ragyogóan mutatja be, hogy a tanulás alapvető feltételeit a biológia ma miben látja. (Mindez, mind a soron következő példák esetenként primitívnek hathatnak, de szükségszerű, hogy a magas szintű történéseket lehozzuk az elemezhetőség szintjére, mert képtelenek vagyunk azon a komplex szinten megfogni, ahogy azok az embernél történnek. A primitivizálás a mérhetőség érdekében történik, mert egzakt mérés nélkül nincs tudományos eredmény.)



1. ábra. Cselekvés és passzív szemlélés

Az ábrán egy aréna látható, melynek belső oldalára csíkokat festettek, közepén egy ringlispíl. A körhinta egyik szárán egy hámba fogott kismacska. Néhány hetes, nem sokkal a szemkinyitás után. Ő húzza a ringlispílt. A másik száron egy gondola helyezkedik el, ebben a kismacska egypetéjű ikerpárja ül. Az egészet úgy szerkesztették meg, hogy a húzó, dolgozó kismacska bármely mozgása pontosan ugyanazt a változást okozza a körhinta másik végén. A két kismacska nem láthatja egymást, csak a környezetet, mely a két állat számára azonos. Fejlődésüknek ebben az időszakában néhány napon keresztül körbejáratják a kismacskákat. Az egyik érdeklődő lelkesedéssel húzza a körhintát, a másik pedig élvezzi, hogy ül a gondolában és szórakoztatják. Később kiveszik az állatpárt, felnevelik és beteszik egy bonyolult tanulási környezetbe, ahol jeleket kell megtanulniuk, hogy táplálékot szerezzenek. A két kismacska megdöbbenő differenciát mutat. A hámba fogott kismacska okos, a másik buta.

A pedagógiai nyelvére fordítva, amelyik cselekedett, az tanult, amelyik nem tevékenykedett, bár mindent látott, az nem. Mire jó ez a primitív kísérlet? Hiszen úgy gondolhatjuk, hogy a pedagógiának ezen alapelve magától értetődik. Eddig azonban ez csupán feltételezés volt, melyet senki nem bizonyított. Ez a kísérlet azonban számokban kifejezve pontosan mérve mutatja a tanulási teljesítményt. A nem dolgozó kismacskának hónapokra volt szüksége, hogy megközelítse a másik teljesítményét, de utol soha nem érte.

*(Bizonyos képességek kialakítása, fejlesztése bizonyos életkorokban a legkedvezőbb. Vajon amit tanítunk, azt elég korán, illetve az optimális életkorokban tesszük-e?)*

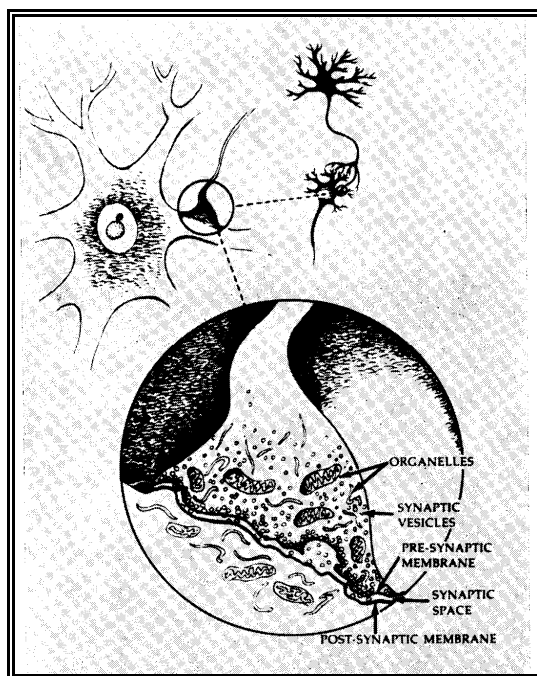
Gyakorlati szempontból hangsúlyozandónak látom az előbbi kísérlet alapján azt is, hogy a fejlődés sajátos periódusai sajátos tanulási lehetőségeket valósítanak meg, és élethosszigan befolyásolják világunkat.

Az idegfiziológia nagy társtudománya az etológia is kimondja a tanulás korai periódusát illetően, hogy bizonyos érzékenységi periódusok csak bizonyos életkorokban adódnak. Amikor megjelennek, fejleszthetők, megérlelhetők, és ha idejük lejárt, élethosszigan sem pótolhatók. E törvényszerűséget a tanulás legkomplexebb szintjén is kimutatták, s ezt a tapasztalattárat a pszichológia csodálatosan gazdag eredményekkel gyarapította. 10 évvel ezelőtt 3 Nobel-díjat adtak ki az etológia 3 neves képviselőjének azzal

az indoklással, hogy ez a 3 ember az, aki e században az ember önmegismerése szempontjából a legmélyebbre hatolt. De milyen primitív állatkísérletek alapján!

*(A megjegyzés és emlékezés, azaz a tanulás az agy sejtjeinek mikro-szerkezetében bekövetkező változás révén valósul meg, melynek egyre több részlete válik ismertté.)*

Mielőtt áttérnék a legkiemelkedőbb eredmények ismertetésére, néhány alapismeretet szeretnék előrebocsátani. Amikor az agyvelő valamilyen tapasztalatot szerez, mikro-szerkezetét tekintve átalakul. Például, ha én most felemelem a kezem, Önök valószínűleg 24 óra múlva is emlékezni fognak rá. 24 órás emlékezés az a kritikus idő, amely a legtöbb faj esetében arra utal, hogy az agyvelőben létrejött a mikrostruktúrának ez a maradandó változása. Ez a változás az idegsejtek millióinál az idegsejt felszínén végződő kis bunkóban jön létre. Szerencsére Bárdos Tanár Úr briliáns előadásában már bevezette a desoxyribonucleinsav fogalmát. Bevallom, én nem mertem volna itt kimondani, és meghatott, hogy zenészek között e szó előfordulhat.



Lényegében még egy ilyen kis egyszerű esemény alkalmával is, mint az én karfelemelésem, az idegrendszer fehérjestruktúrájában drámai változás történik. Az emberi agyvelő kb. 15 milliárd idegsejtje különböző nagyon bonyolult kapcsolatban áll egymással.

Egyik idegsejt a másikra a 2. ábrán látható véglemeznek nevezett bunkóval tapad. Ezekben a végbunkókban jön létre az a maradandó változás, ami új funkcionális rendszerre kapcsolja össze az agy velünk született funkcionális rendszerét.

A dolgok nagyságrendjére rávilágít, ha elmondom, hogy egyetlen nagy idegsejten kb. 20-35 000 ilyen bunkó is lehet. Ez ma az univerzumban létező legbonyolultabb szerkezet. Büszkék lehetünk rá! Kár, hogy ezt a csodálatos szerkezetet nem tudjuk úgy használni, ahogy megérdemelné.

Nézzük meg közelebbről, hogy néz ki ez a szerkezet? Az ábrán az előbb említett sok ezer végbunkó egyike tapad egy másik kis nyúlványra. Ez egy energiagyár, az új fehérjék

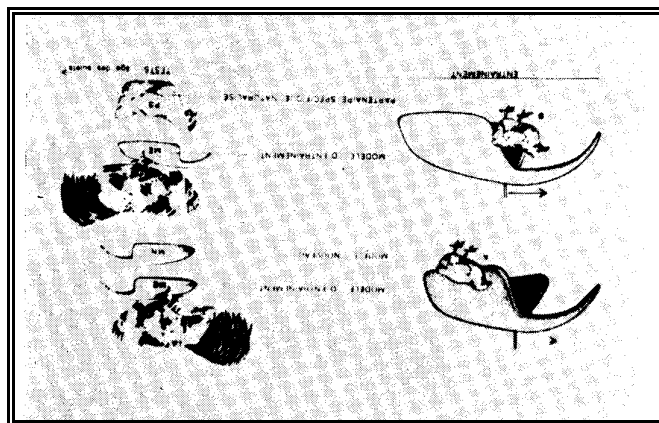
képződéséhez szükséges energiát szolgáltatja. A benne látható pici buborékok tartalmazzák azt a titokzatos anyagot, mely, ha elektromos impulzus formájában üzenet érkezik, kiszabadul, és létrehozza az üzenet továbbítását.

Ez a mechanizmus változik meg a tanulás során. De nem egyes idegsejtekénél, és nem egyes végbunkóknál, hanem milliárdnyinál jön létre az a bonyolult új statisztikai konfiguráció, amely egy emlék nyomát képezi. Mindez az agyvelő egészében történik és nyomosztóan nagy nagyságrendben. Ezt azért hangsúlyozom, hogy megcáfoljam a természettudomány egyik fenyegető pletykáját, miszerint 100 esztendő múlva az ismerteket és készségeket tablettá formájában fogjuk bevenni. Látható, hogy ez elvileg lehetetlen, mert bár az emlékek rögzítésében kémiai molekulák játszanak szerepet, a molekulák minőségi és tartalmi értelemben információt nem hordoznak, csak binárisan kódolt üzeneteket továbbítanak, és az üzenetek tartalma attól függ, hogy milyen neuronok milyen más neuronokkal kapcsolódnak össze, és teljesen indifferens, hogy az adott kapcsolat milyen kémiai molekulákkal valósul meg.

Tehát változatlanul megmarad a tanulás nehéz útja. Amikor a tanulást optimalizálni akarjuk, nem tablettákra gondolunk, hanem arra, hogyan lehet ezt a rettenetesen bonyolult apparátust természetes eszközökkel működésbe hozni.

*(Életre szóló érzelmi elkötelezettségek forrásai kísérletekkel bizonyíthatóan rendkívül korai életkorban szerzett élmények.)*

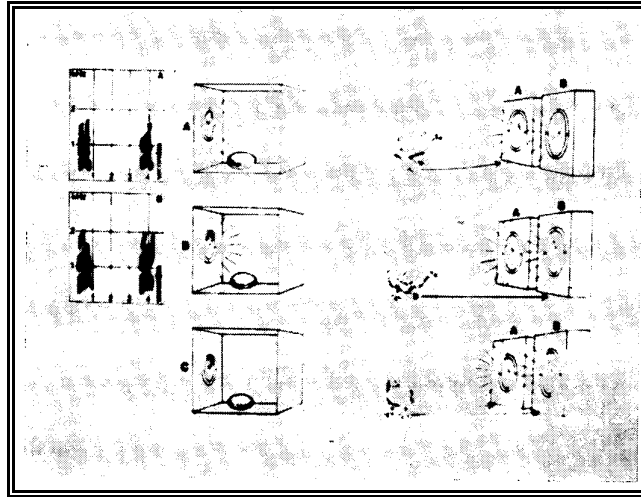
A következő ábra egy francia etológus csoport drámai kísérlete annak bemutatására, hogy életre szóló érzelmi elkötelezettségek hogyan és milyen életkorban alakulnak ki.



3. ábra. A korai egyedfejlődés késői hatása

A 3. ábrán két frissen kikelt kiskakas látható, amelyeket különböző műanyag tyúkok mellett helyeznek el. Felnevelve ezeket a csirkéket nagy kakassá, összehozzák valódi tyúkokkal, illetve azokkal a műanyákkal, melyekkel felnevelkedtek: az ily módon felnevelt kakas abszolút negligálja a valódi társat, de vonzódik és szerelmi kapcsolatra lépni is csak azzal a műanyaggal hajlandó, amelyik - így nevezi az etológia - imprintálódott egy korai szenzitív időszakban.

*(Az imprintálódás esetenként megdöbbenően korai fejlődési szakaszban is lehetséges.)*



4. ábra. A korai egyedfejlődés hatása

A 4. ábrán keltetőgépbe tett három tojást látunk. Mindhárom tojás, hogy úgy mondjam, más zenei környezetben nevelődött fel. A keltető gépen A-val jelzett doboz egy megadott hangot, vagy hangképletet kap rendszeresen, a B-vel jelzett egy másikat, a C-vel jelzett nem kap semmit. Kikelés után megszólaltatják hangszóróval azt az ingert, amelyet a tojás kapott és megdöbbenéssel látják, hogy teljes elszántsággal, érzelmi odaadással közeledik a csirke a felé a hangszóró felé, amelynek hangját a keltetés periódusa alatt hallotta. Amelyik csirke nem kapott hangot, az közömbös marad vagy inkább fél ezekről a hangoktól. A zenei vagy hang imprintálásnak egy korai módja ez.

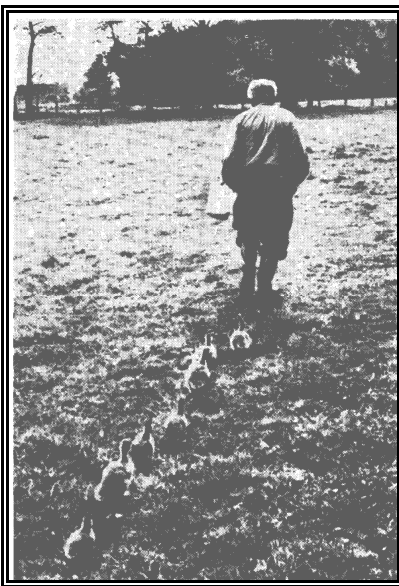
Mondhatják, hogy ez érvényes madarakra, de nem érvényes emberekre. Kb. 5 évvel ezelőtt az amerikai Science Journal, amely általában újdonságokat, nagy jelentőségű elvi felfedezéseket közöl, jelentette meg azt a drámai felfedezést, hogy embercsecsemőnél már 2 órával a születés után teljes biztonsággal igazolhatóan komplex emberi gesztusok utánzása figyelhető meg. Biztosan sokan hallottak arról, hogy Freud volt az, aki egy híres eseténél a súlyos lelki tüneteket egy csecsemőkorban elszenvedett szexuális inzultus emlékével próbálta magyarázni. Ezt a közelmúlt évekig általában túlzásnak tartották, de az emberi csecsemőnek ez a nagyon korai érzékenysége elgondolkodtató. Óvatosnak kell lennünk, a csecsemő többet lát és hall, mint ahogy gondoltuk, s noha ezek nagyon primitív élmények, de életre szólóak lehetnek.

*(Életre szóló emlékek, melyek elkötelezőek lesznek az élőlény egész életére, csak meghatározott periódusban vihetők be. Ez az imprintálhatósági periódus. Madaraknál ez pontosan a tojásból való kibúvás utáni 14-16 óra között van. Lorenz fedezte fel ezt először kiskacsáknál.)*

A frissen kikelt kiskacsa előtt mozgatott első tárgy, lehet ez egy futball-labda, egy ember, lehet a kikelő madár anyja, életre szóló követési kapcsolatot eredményez. Nagyon érdekes, hogy az ily módon felnevelt kiskacsa, visszatérve az eredeti populációba, ha például labdára imprintáltak és elvisszük a kacsacsapat mellett a futball-labdát, a csapatból azonnal kiválik, és követi a labdát. Felnőtt korában is.

Az ily módon kialakuló életre szóló érzelmi elkötelezettségek embernél is hasonlóan hathatnak, de nem tudjuk az imprinting periódus kritikus idejét. Számolnunk kell vele

azonban, hogy nagyon sok esetben életre szóló elkötelezettségek imprintálódhatnak az első három évben.

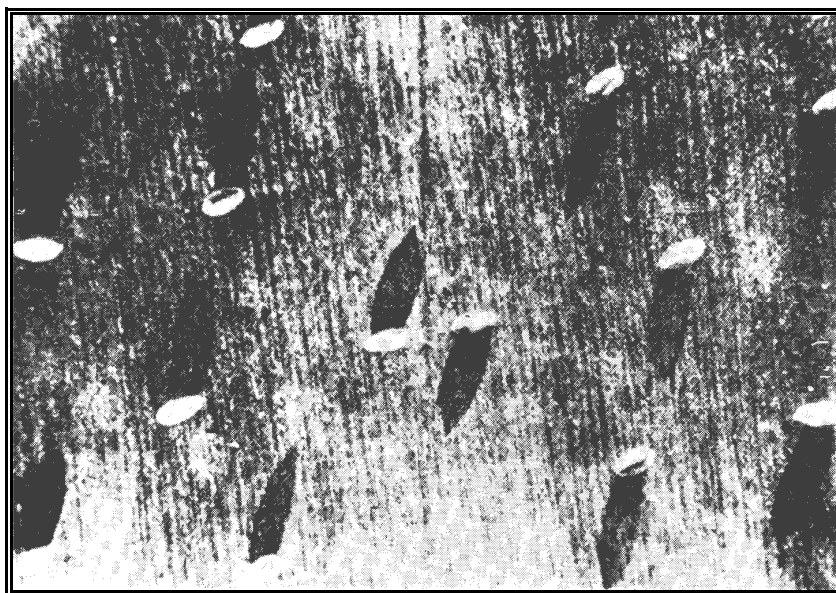


5. ábra. Lorenz imprintált kacsáival

A következő 5. ábrán Lorenz látható (aki ebben az évben 80 éves). 7 kiskacsa követi, melyeket Lorenz a kikelés után saját magára imprintált. Amint megjelenik, a kacsák vad szenvedéllyel hozzá közelednek. Ugyanakkor tökéletesen közömbösek saját anyjuk iránt, illetve fajuk felnőtt egyedeivel szemben.

Sokan azt hitték, hogy olyan ösztönösnek, vele születettnek látszó reakciók, mint a kiscsirkék csipegető mozgása, tökéletesen együtt létezik az állattal.

A 6. ábra mutatja, hogy a készségek egy szenzitív periódusban alakulnak véglegessé. A frissen kikelt csirkéknek búzaszemeket szórtak le. Egyrészt úgy, hogy jobbról, másrészt úgy, hogy balról világították meg. Kiderült, hogy a csirkék a csipegetést valóban készségként hozzák magukkal, de azt később fejlesztik, finomítják, s csak úgy lesz effektív.



6. ábra. Tanult elemek, tökéletesítik az ösztönös cselekvéseket.

Ha a kiscsirkéket csak az egyikfajta megvilágítás mellé teszik, és utána csinálnak egy olyan világítást, ahol a kettő össze van keverve, akkor csak azokat a szemeket lesznek képesek táplálékként felismerni és csipegetni, amelyeket az érzékeny periódusban megtanultak. Egy elektrofiziológiai kísérlet a látórendszer kialakulását vizsgálja. A macskák szemnyitása után, a nyolcadik naptól kezdve tökéletes sötétségben tartják, naponta csak 1-1,5 órára helyezik be egy olyan henger alakú edénybe, ahol kizárólag csak bizonyos geometriai formákat lát. Kiderült, hogy ezeket a kismacskákat felnevelve, 9-10 hónap elteltével is felismerik-e - elektrofiziológiai méréssel ellenőrizhetően - ezeket a geometriai formákat, melyekre imprintálták őket. Más geometriai formákat pedig nem képesek felismerni.

*(Az érzékszervek későbbi teljesítménye korai élmények, imprintálódás által meghatározott lehet.)*

Ha szigorúan betartják, hogy kiscsirkéket egy meghatározott látási élménykomplexumban nevelnek fel, akkor életre szólóan pl. csíkokban fogják látni a világot.

Közismert tény, hogy emlősnél (az embert is beleértve) a látórendszer kikapcsolása bizonyos érési periódusban annak teljes elsorvadásához vezet.

Hasonló, nagyon érdekes megfigyelések léteznek a hallórendszer fejlődését illetően is, tehát feltehető, hogy bizonyos hang-analizátor képességek a rendkívül korai életkorban fejlődnek ki. Ami ebből következik, azt tanácsként is elfogadhatják, némi fenntartásokkal. A zenei nevelés tulajdonképpen nem az óvodás korban kezdődik, hanem közvetlenül a születés után (talán előtte). Mostanában kezdjük felmérni azt, hogy ezeknek a nagyon korai hatásoknak milyen döntő, drámai jelentősége lehet. Gondolok itt például a rossz zenei hallás mögött álló okokra, melyeket még nem sikerült ugyan kivizsgálni, mert rendkívül bonyolult kérdés, mindenesetre nyomon vagyunk azt illetően, hogy kialakulását sokkal korábbi életkorra tegyük, mint gondoltuk.

*(Az egészséges személyiség kialakulása felnőttekhez való korai, pozitív, testi (érintés) és érzelmi kontaktus következménye.)*



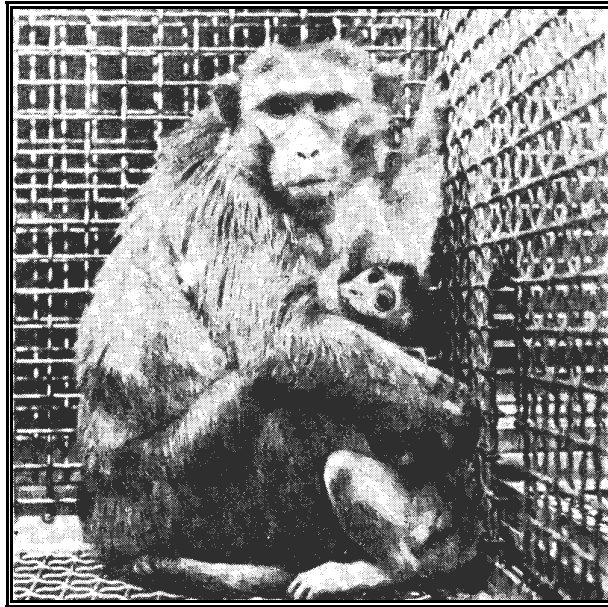


7. ábra. Izoláltan nevelt majomkölyök

A 7. ábrán egy kismajom látható. Ezt az állatot korai fejlődési periódusában úgy nevelik, hogy tökéletesen kielégítik minden életfunkcióját, melegben tartják, ellátják élelemmel, mindent megkap, csak egyet nem. Nem ragaszkodhat egy valódi élőlényhez. Ez az állat néhány hónap után súlyos lelki betegség, az apátia minden jelét mutatja, amiből rendkívül nehéz kihozni. Az így, anya nélkül felnevelkedett kismajom magába roskadtan él. Ezek az állatok általában elpusztulnak, annak ellenére, hogy biológiai értelemben tökéletes környezetben vannak. Csak egy hiányzik, a testi kontaktus, ragaszkodás, kapaszkodás.

Embernél is kimutatták, hogy a személyiség formálásában az anya részéről (lehet apa is, lényeg, hogy felnőtt ember legyen, akibe kapaszkodni lehet), nem a táplálékadás a döntő, hanem a testi kontaktus.

A 8. ábrán két kismajom látható. Az egyik egy normális anyával felnevelt állat, amely mostohaanya szerepet vállalt. Benne kialakultak érzelmi készségek, szereti ezt az idegen kismajmot, a szeretet minden jelét mutatja és nagyon érdekes, hogy ezt a kölyökből is ki tudja váltani.

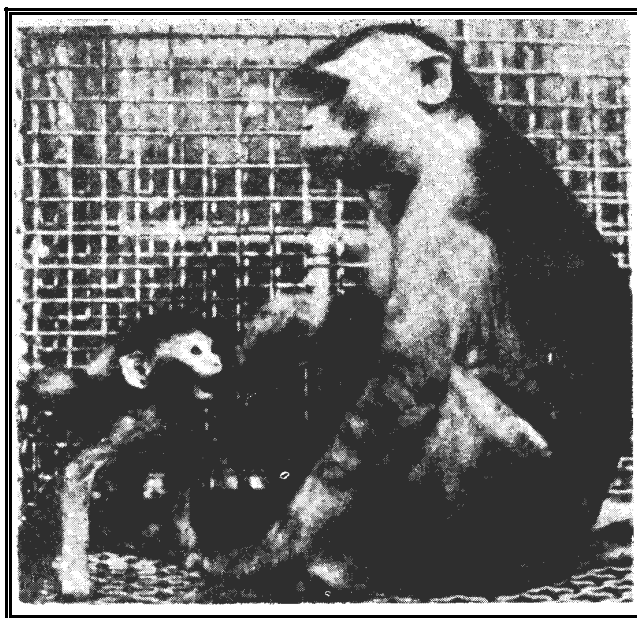


8. ábra. Normális anya

A 9. ábra egy anya nélkül nevelt állat. Mesterségesen megtermékenyítették, megszülte gyermekét, de semmiféle érzelmi kontaktust nem képes vele létesíteni. A kölyök keresi a kapcsolatot, a fajra jellemző kérési gesztusokkal él, az anya azonban ridegen elutasítja, sőt, ha a kismajom ragaszkodik ahhoz, hogy felvegye, akkor elkapja és megöli.

A 10. ábrán az a pillanat látható, amikor az anyaállat összetöri a kölyök fejét a kísérleti ketrec rácsán.

Ezek a kísérletek vittek közel annak megértéséhez, hogy hogyan fejlődik ki az ún. pszichoopátiás személyiség. A pszichoopátia a bűnözőnek az a típusa, aki gyakran okos, de érzelemmentes, minden hűvösen hagyja, még a gyilkosság is. Sok esetben valószínűnek tartjuk, hogy a nagyon korai szenzitív periódusokban hiányzó felnőtt emberi kapcsolatok a felelősek azért, hogy ezeket a borzalmas tetteket nem kíséri, és nem előzi meg érzelem, mely elháríthatná.



9. ábra. Izoláltan felnevelt anya.



10. ábra. Izoláltan felnevelt anya elpusztítja kölykét

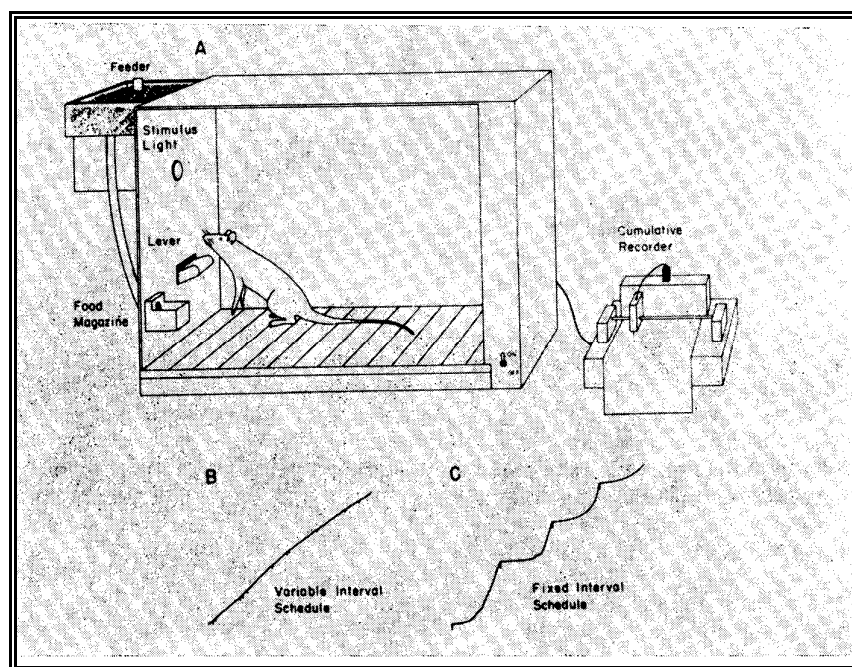
Csupán néhány példát láttunk arra vonatkozóan, mi is történik akkor, ha a legkorábbi életkorban nem érik bizonyos hatások az állatot. A pszichoapátia értelmi képessége nem szükségszerűen alacsony, de az emberi társadalomba való beilleszkedése mégis lehetetlen, mert erkölcsi fékek nélkül használja mentális apparátusát. Ebből is látható, hogy a kognitív és az affektív (érzelmi) szféra fejlődésében különböző tényezők játszanak szerepet. Ezek a tényezők azonban - mint a továbbiakban bemutatom - összefüggenek egymással, elválaszthatatlanok.

(Az idegrendszer működésének és ezen belül a tanulás mechanizmusának kísérletes vizsgálatára a különböző feltételes reflexek felhasználása nyújt módszertani lehetőséget.)

A tanulás mechanizmusának kutatásában mindenekelőtt a feltételes reflex fogalmát kell tisztáznunk. Két alapvető típusa van. Az első a klasszikus, vagy pavlovi feltételes reflex, a második az ún. instrumentális reflex. Ismételten megbotránkoztatóan primitív, valójában igen bonyolult jelenségekről van szó. Ezek a tanulás legegyszerűbb esetei, melyet modellként használunk. A tanulás számos jelenségét sikerült velük megmagyarázni. Röviden ismertetném, miről van szó.

A *pavlovi feltételes reflex* esetében adott egy inger, melyre az állat kezdetben nem reagál, számára közömbös. Ha ezt az ingert összekapcsoljuk egy olyan ingerrel, amely az állat számára jelent valamit, pl. az éhes állat szájába táplálék jut, mely nyáladázt indít el. A pavlovi reflex lényege az, hogy a korábban közömbös stimulus, pl. egy hang, aminek eddig semmi köze nem volt a nyáleválasztáshoz, ha következetesen társul egy olyan eseménnyel, ami az állat számára fontos (pl. táplálék), most nyálát produkál.

Az *instrumentális reflex* a következő (érdemes megfigyelni, mert Önök is hasonló eszközökkel dolgoznak): lerajzolok oldalnézetből egy nagyon egyszerű apparátust, mely a következő elv szerint működik. Beletesznek egy éhes patkányt. A patkány, ha új helyre teszik, rettentő izgatott és kíváncsi körbejárkál, szaglászik, mindent megnéz. A doboz sötét, de egyik falán van egy nyílás. A kíváncsi patkány ki akar nézni. Ahhoz, hogy kinézzen, meg kell támaszkodnia. Egy pedálon tud megtámaszkodni, és ha arra rálép, táplálék esik be. Könnyű elképzelni, hogy mi történik az éhes patkánnyal. Egyre frekvensebben, akár több ezerszer lenyomja a pedált azért, hogy táplálékhoz jusson. Ezt a speciális mozdulatot, ez esetben a pedálnyomást nevezik instrumentális tanulási aktusnak. (11. ábra)



11. ábra. Instrumentális kondicionális berendezés.

Az instrumentális tanulás során az állat számára a létfontosságú táplálék (a jutalom, a siker) egy adott mozdulat következményeként jelenik meg. Mi ez az adott mozdulat? Nem más, mint egy bonyolult tájékozódási exploratív reakciósornak egy lényegtelen eleme. Az

állat a tanulás során ebből a bonyolult mozgássorból ezt az egyetlen elemet emeli ki, és most döntően, statisztikai szignifikanciával ez fog jelentkezni. Amikor az állat hasonló szituációba kerül, a pedálynomás, mint önálló tanult aktus jelenik meg a többi mozzanat mellett. Azért nevezik instrumentális tanulásnak, mert instrumentális - azaz kieszközölő -, az állat saját cselekvésével eszközli ki azt, hogy elnyerjen valami számára kívánatosat vagy hiányzót.

*(A két ismertetett kísérletes tanulási modell jó analógiába hozható a passzív és az aktív tanulással.)*

Egy további érdekes dolgot figyelhetünk meg. Az instrumentális tanuláshoz ugyanis megnyilvánul az idegrendszer precizitása és a pedagógusnak érdemes megfigyelni ezt a törvényszerűséget. E kapcsolat kialakulásának optimális feltétele az, hogy az állat számára jelentős esemény - a táplálék megkapása - 300 msec-al (0,3 sec) kövesse a sikeres aktust. Tehát az idegrendszer pontosan a sikeres cselekvést választja ki! Önálló, tanult aktussá csak akkor válik a pedálynomás, ha néhány tized másodperccel később siker követi - ezt a folyamatot nevezzük megerősítésnek.

Miért tartom én ezt a pedagógus szempontjából rendkívül fontosnak? Mert, ha a tanításban utánozni tudjuk az instrumentális reflexképződésnek ezt a kritikus idejét, akkor számíthatunk a legnagyobb sikerre. Ezen a tényen érdemes Önöknek is elgondolkozni.

Megjegyzendő, hogy egy instrumentum kezelésének tanításánál a siker - a megerősítés - nem szükségszerűen olyan drasztikus esemény, mint pl. a táplálék, víz, vagy az izzadó ember számára a hűvös hely megtalálása, hanem minden olyan tényező is lehet, ami pozitív érzelmet vált ki, így jutalom jellegű (pl. a helyes zenei megoldást követő fejbiccentés).

A legtöbb hibát egyébként nem a pozitív, hanem a negatív kapcsolatok kiépítésénél követjük el, jelesen a büntetésnél. Mind a pavlovi, mind az instrumentális reflexeknek vannak büntetési változatai is. Pl. ha egy közömbös ingerterhelés fájdalmas ingerrel kapcsolódik össze (pl. egy forró edényhez nyúlás), akkor rövidesen az egyébként ártalmatlan, hideg edény megérintésekor is el fogom rántani a kezem. Itt egyébként szintén érvényesül a kritikus idő, a 100-300 msec.

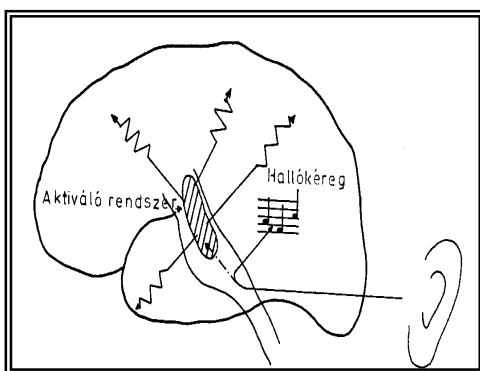
Ezzel szemben a pedagógusi és szülői gyakorlatban gyakran mit csinálunk? A gyerek elkövetett valamit délelőtt az iskolában és délután megpofozzuk érte. Itt aztán szó sincs tizedmásodpercekről! Következésképpen nem a helytelen aktust, hanem a gyereket büntetjük, ami rossz! A gyerek délután már hős is lehet. Helytelen cselekedete után lehet, hogy délután már valami jót is csinált, és az ugyanúgy ott van a fejében, mint a csínytevés. És ezért délután kap egy pofont.

*(Ha a tanulás, mint feltételes reflex kialakítása közben a sikertelenséget büntetés követi, az eredmény gátlás, még rosszabb teljesítmény lesz.)*

A legtöbb hibát a pedagógia a büntetési módszer alkalmazásával követi el. Ennek még az a katasztrofális következménye is lehet, hogy a büntetéssel el nem hárítható aktusok, ahelyett, hogy eltűnnének, fixálódnak! Patkány és más kísérletekben egzaktnak is sikerült kimutatni, hogy sorozatos sikertelenségek esetén ismételt hibás tanulási reakciók ahelyett, hogy eltűnnének, még fokozottabban rögzülnek. Ennek elhárítása állatkísérletben csak úgy történhet, ha a büntetést azonnal abbahagyják és az állatot szelíden arra kényszerítik, hogy más utakat keressen létszükségletei kielégítésére. Ismét megjegyzendő, hogy a büntetés nem csak fájdalom, hanem minden egyéb negatív érzelmet kiváltó inger is lehet.

Csak a pozitív út bemutatása az, amelyik egy ilyen fixált rossz reakciót fel tud oldani és el tud tüntetni. Nem tudom, hogy egy instrumentum tanításánál, amikor egy rossz kéztartást, egy rossz beidegzést meg akarunk szüntetni, pontosan mit kell csinálni, de *minden instrumentummal kapcsolódó hibás motoros tevékenységnél számítani kell arra, hogy annak büntetése nem törlést eredményez, hanem a legtöbb esetben fixálást.*

A fentiekben különböző példákon egy nagyon fontos jelenséget mutattam be, melyet közös szóval megerősítésnek neveznek. A *megerősítés* az az egyed számára fontos esemény, amely egy egyébként lényegtelen inger, ill. magatartási aktust követ. Az idegfiziológia megkísérelte nyomon követni ezt a különleges mechanizmust és ma már meglehetősen sokat tudunk róla.



12. ábra. Az aktiváló rendszer elve. Az ábrán csak a hallás sematicus pályája szerepel, de ugyanilyen kapcsolat van minden érzőpályánál is. Az inger egyrészt eljut a hallókéregbe, ahol a megfelelő specifikus érzetet kelti, másrészt ingerületben tartja egy mellékúton keresztül ( → ) az aktiváló, ébresztő, energetizáló központot.

A 12. ábrán az agyvelő hosszmetsete látható. Az úgynevezett agytörzsben olyan központok helyezkednek el, melyek érzékelik teljes belső környezetünket. Tudják azt, hogy a gyomrunk milyen állapotban van, milyen magas a vércukrunk, mennyi a hőmérsékletünk stb.

Ennek a rendszernek egy másik fontos sajátága - melyre az alvás-ébrenlét kutatása kapcsán századunk egyik legnagyobb neurofiziológiai felfedezéseként derült fény -, hogy ez az agy terület nemcsak belső szerveink működését és állapotát regisztrálja és szabályozza, hanem ez tartja ébren és működőképes állapotban az egész agyvelőt.

Ha a nagyagyat egy metszéssel ettől az agytörzsi résztől elválasztjuk, az élőlény (az ember is) életben marad, mert a legfontosabb szabályozó központjai továbbra is kapcsolatban maradnak a testtel, és annak életfontos működéseit (légzés, keringés) irányítja, de a metszés előtti agyrészek a permanens alvás jeleit mutatják.

Finomabb módszerekkel vizsgálva, ha e szabályozó központba a kísérleti állatnál elektródákat vezettek, az előzőleg elaltatott állat az elektródákkal történő izgatással felébreszthető volt.

Így fedezték fel azt a rendszert, mely ébren tartja az agyat. Kiderült, hogy ennek a rendszernek bonyolult kapcsolatainak vannak az egész idegrendszerrel. Energizálja, aktiválja, működőképes állapotba hozza a nagyagykérget.

Az agykéreghez tehát egyidejűleg kétféle hatás érkezik: egyrészt ez az aspecifikus, mindenre kiterjedő energizáló hatás érkezik, másrészt természetesen a jól ismert specifikus információt szállító pályák, mint pl. a halló, látó, stb. rendszer impulzusai. (Pl. a környezetből jövő hangimpulzusok egy bonyolult kapcsolási rendszeren keresztül az agykéreg

meghatározott területébe futnak, amit hallókéregnek nevezünk. Itt történik minden hangélmény feldolgozása.)

A hangerő - és bármilyen más érzékszervi inger is - nemcsak a megfelelő specifikus feldolgozó kéreg részébe jut el, hanem egy mellékcsatornán keresztül ingerli a fenti energizáló rendszert is. Az energizáló rendszer két forrásból kapja „fűtöttségét”, egyrészt belső szerveink impulzusai, másrészt a külvilágból jövő ingerek révén.

(Jól demonstrálja az érzékszervi ingerek kettős szerepét az a megfigyelés, amikor egy betegnél vérzés, illetve daganat megszakította a hallópályának azt a részét, mely az agykéreghez futott, de épen hagyta azt a mellékcsatornát, mely az energizáló rendszerhez haladt. Ez a beteg gyakorlatilag süketté vált, de alvás közben hangingerekkel könnyen felébreszthető maradt, bár természetesen nem tudta, hogy mitől ébredt fel.)

Ahhoz tehát, hogy az agyvelő bármilyen mentális, gondolati tevékenységet tudjon kifejezni, fűtöttnek, energizálnak kell lennie. Mint láttuk, az energizálást saját belső környezetének állapota, valamint az összes érzékszerv ingereinek összeadódása közösen végzi az energizáló rendszeren keresztül. Ez a rendszer teszi képessé az agyvelőt arra, hogy a világot érzékszerveinken keresztül analizálja, szintetizálja, értékelje.

De hogyan értékeli: nem képes másként, mint a saját belső állapotától, tehát a saját „érdekétől elfogultan”. Mert az a rendszer, amelyik ébreszt, energizál, egyben a saját belső miliőnk (zsigereink, gyomrunk, vércukrunk stb. állapotát) képviselő rendszer is. Ezért állíthatja az idegfiziológus, hogy nincs tiszta, hideg, érzelemmentes mentalitás, mert minden magas szintű értelmi tevékenység egy saját belső állapotától befolyásolt, aktivált agyvelőben történik. Nincs önmagáért való ismeretszerzés, mert minden ismeret és cselekvés, alkalmazkodási folyamat, mely végső soron saját magunk és fajunk fenntartását hivatott biztosítani.

Az elmondottakból kiviláglik, miért nem lehet az emberi agyvelővel közös alapra hozni a legbonyolultabb computert sem. Ahhoz, hogy a computer hasonló módra működjön, mint az emberi agyvelő, olyan érzékelőket kellene beleépítenünk, amelyekkel saját állapotát (hogy melegszik, megsérült, fáradt stb.) érzékelni lenne képes, és ezektől tenné függővé számítási műveleteit.

Az emberi agyvelő a szervezet egészével egységes rendszert alkotva attól függően raktározza el ugyanis a belejutó élményeket, hozza ítéleteit, kategorizálja azokat, hogy a rendszer egésze milyen állapotban van.

Amikor az agyi mechanizmusban felfedezték az ébresztő rendszert, mely azonos a belső szerveket, mirigyeket szabályozó rendszerrel, rájöttek arra, hogy ez a rendszer egyúttal mozgatja is a szervezetet. Ha egy adott szélső állapotban van, akkor azt diktálja, hogy „közelíts!”; egy másik szélső állapotban pedig azt, hogy „távolozz tőle!”. Egy rendkívül bonyolult kibernetikai gondolatsort kellene ismertetni ennek bizonyítására, s erre az idő rövidsége miatt nem kerülhet sor, de könnyű belátni, hogy a „közelíts és távolíts” működési elemekből a legbonyolultabb viselkedési és mozgásaktusok is megszerkeszthetők. A tanulást, emlékezést ebből a szempontból nézve úgy interpretálhatjuk, hogy amikor a szabályozó rendszerben hirtelen állapotváltozás következik be, az átmenet kapcsán az *egyidejű észlelések, történések „beíródnak” az agyvelőbe, emlékként rögzítődnek*. A szabályozás hirtelen fázisváltozásai drámai eseményként játszódnak le az agyban. A szabályozásnak akkor kell

ugrásszerűen változnia, amikor a szervezetet olyan terhelés éri, amely létét veszélyezteti. E kritikus átváltás kapcsán mintegy utasításszerűen minden aktuális eseményt fényképezőgépszerűen beír az idegrendszer. A számítógép-analógiát használva, ez a „print in” parancs. Ezt pszichológiai szempontból nézve úgy is mondhatjuk, hogy a szervezet a motivációs szabályozó rendszerében bekövetkező kritikus változások kapcsán rögzít mindent, ami a környezetében ezzel egyidejűleg történik.

Miután erre a mechanizmusra rájött az idegfiziológia, kiderült, hogy állatkísérletekben e területek elektromos izgatásával mesterségesen össze lehet sűríteni az állat teljes pszichikus életét és modellszerűen létre lehet hozni azt.

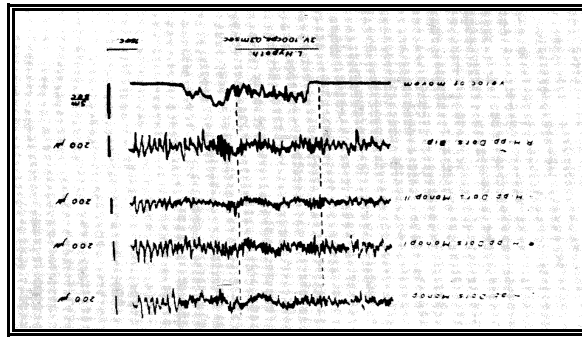
A 11. ábra erre mutat be egy példát, a közel 30 éve híressé vált „öningerlés” jelenségét. (Ennek segítségével a neurobiokémia a belső eredetű elmebetegségek mechanizmusának állatkísérletes modelljeit kísérli megszerkesztteni és úgy látszik, közel jár a megoldáshoz.) Az állat az előbbieken bemutatott kísérleti dobozban van, ahol instrumentális technikával megtaníjták arra, hogy lenyomjon egy pedált. Ezúttal azonban nem táplálékot kap megerősítésként, hanem az agyába ültetett elektródán keresztül néhány elektromos impulzust. Feltérképezték, hogy az agyvelőnek melyek azok a területei, melyeknek ingerléséért az állat instrumentálisan „dolgozik”, s melyek azok, amelyeket kerül. Ez utóbbit úgy végzik, hogy a kísérletező ingerli az állat agyát és az állat a pedál lenyomásával meg tudja szüntetni azt. Így az előbb ismertetett két tendencia a „közelíts, és a távozz tőle” helyeit fel lehetett térképezni az agyvelőben. (A két állapot tulajdonképpen a jutalom, illetve büntetés pozitív vagy negatív élményeként jelentkezik.) Az olyan állat, melynél az öningerlés az elektróda agyon belüli helyzete folytán a jutalom élményét kelti, óránként 1015 000-szer is lenyomja a pedált, előfordult, hogy 28 órán keresztül, a fizikai végkimerülésig.

*(A regulációs rendszer állapotváltozása, mely a fentiek alapján tulajdonképpen érzelmi állapotváltozást jelent, indítja el a „beírás” parancsát. Ahhoz azonban, hogy a beírás meg is valósuljon, egy további rendszer működése szükséges.)*

Hasonló módon lehet vizsgálni az agyvelőben - behelyezett elektródokkal - az agyterületek azon funkcióját, amely az emlékenyomok beírásáért felelős. Talán Önök is tudnak róla, hogy a krónikus alkoholizmusnak egyik átkos velejárója lehet a megjegyző képesség végleges elvesztése. Egy sajátos terület pusztul el, amit ősi kéregnek, vagy hippocampusnak nevezünk. Minthogy ez a terület gyakran epilepsziás megbetegedés góca is lehet, néhány betegnél eltávolították. Annak idején még nem tudták, hogy milyen katasztrofális következménye lehet ennek. Kiderült, hogy a hippocampus eltávolítása után az agy munkája tulajdonképpen kifogástalan marad, de soha többet nem tud új ismeretet „beírni”. Viszont érdekes módon semmit nem felejt el. Pl. egy magas intelligenciájú páciens, akit kb. 30 évvel ezelőtt operáltak, és azóta is rendszeresen vizsgálják, gyakorlatilag semmi újat nem tud megtanulni. A család közben másik házba költözött, ő változatlanul a régi számra irányítja a taxist. Ha valaki bemutatkozik, elbeszélget vele, meglepően intelligensen, de ha kimegy és néhány perc múlva visszajön, újra bemutatkozik.

Emlékenyomokat rögzíteni tehát csak a szabályozó rendszer részvételével képes az agyvelő. Hogy is működik ez a szabályozó rendszer? Egy nagyon fontos, pedagógiaiilag is érdekes jelenségre kívánom felhívni a figyelmet.





13. ábra. Elektromos agyi ingerléssel kiváltott lokomóció és archicorticalis elektromos kísérőjelenségei. Az elektromos agyi ingerléssel kiváltott futás (az ábra legalsó görbéje) számítógéppel értékelt sebességváltozásai és a mozgást kísérő hippocampális elektromos változások (felsőgörbék). Az agyi ingerlés a szaggatott függőleges vonalak közt történik. Az ingerlés megszűnésének pillanatában jelentkezik a nagy sebességű „visszacsapásos” mozgás. Ez felel meg a megerősítés mozzanatának.

A 13. ábrán a kísérleti állat elektromos agyi ingerléssel indukált mozgásának képét látjuk, elektronikus módszerrel regisztrálva. Amikor megkezdjük az ingerlést, gyors futó mozgásokat látunk. Ezeknek sebessége fokozatosan esik, és végül csaknem megszűnik. Amikor abbahagyjuk az ingerlést, robbanásszerűen újra megjelenik a mozgás. Ez a pillanat annak felel meg, amikor a kísérleti állat a pedálynomás kapcsán meglátja a táplálékot, tehát a megerősítés mozzanatának. A megerősítés jelenségei az agyvelőben elektrofiziológiai mutatóit tekintve úgy néznek ki, mint egy microexplosio. Nagyon rövid időtartamú, de nagyjából a megerősítés tapasztalati időtartamára (100-300 msec), hatalmas, az epilepsziás rohamra emlékeztető kisüléscsoportok jelennek meg bizonyos, gátlás alól felszabaduló idegsejt csoportokban. Ez a „print in”, a rögzítési parancs elektrofiziológiai megfelelője.

És ez az, amivel a pedagógusnak manipulálni kell, mert valójában ezt a mechanizmust kell előállítania ahhoz, hogy valamit maradandóan meg tudjon tanítani. Egy mozdulatot, egy adatot, egy ügyességet, egy dallamképletet, egy matematikai összefüggést. Minden esetben ez a folyamat játszódik le. És mikor jön ez létre? Egy gátlási folyamat megszűnésénél.

Tulajdonképpen alapvető jellemzőit tekintve minden tanulási szituáció gátlási szituáció megszüntetésével azonos. Amikor valamit meg kellene tennünk, de nem tudjuk megtenni, akadályok miatt, és végül rálelünk a megoldásra.

Az idegrendszernek két alapvető működési formája van, az izgalom és a gátlás. Az izgalom- és a gátlásszabályozó rendszeren belüli eloszlásának függvénye az, hogy pozitív, emocionálisan jó, kellemes, vagy negatív, emocionálisan hátrányos, kellemetlen állapotok alakulnak ki. Az utóbbi állapotok általában úgy jönnek létre, hogy valamilyen pozitív motivációs folyamat akadályba ütközik, frusztrálódik. Egyszerűen demonstrálható ez azzal, ha egy közepesen éhes állat elé leteszek egy adag húst. Immel-ámmal odamegy és eszeget. Ha viszont a nyakánál megfogjuk, és egy kicsit visszahúzzuk, nagy erővel tör előre, mintha megnőtt volna az étvágya. Paradox módon abban a pillanatban, amikor egy pozitív funkciót elkezdünk gátolni, megnő az intenzitása. Valószínűleg ezért fokoz minden élvezetet a tilalma.

*(A gátlás a megerősítés és a motiváció, s ez által a tanulás szükségszerű feltétele, de ellenkező hatása is lehet.)*

Az idegrendszer csodálatosan manipulál a gátlás inductív hatásával. Olyan intenzitásfokig fel tud porgetni idegrendszeri működéseket, hogy azok maradandó nyomokat

hagynak. Tehát amit gátlásnak nevezek, az nem általánosan elítélendő dolog. Szükségszerű eleme a tanulásnak, de - és itt jön a pedagógus művészete - arra kell vigyázni, hogy milyen mértékben alkalmazom, mert átszaphat a szabályozás olyan fázisába, amikor rossz kapcsolatokat fixál. Néhány évtizede hallatlan érdekes felfedezést tett egy Zeigarnik nevű szovjet pszichológusnő. A következő játékot csinálta tanítványaival. Két csoportra osztotta őket. Mindegyiknek feladatot adott. Egyik csoportnak hagyta, hogy megoldhassák a problémát, a másiknál megszakította, mielőtt befejezték volna. Vajon ki jegyezte meg jobban a problémát? Meglepő módon az a csoport, amelyiknek nem engedte a megoldást befejezni.

Ennek az effektusnak a vizsgálatával kezdték el mérni a frusztráció, a gátlás különböző fokainak hatását. Kiderült, hogy ha a frusztráció egy kritikus szintet átlép, akkor a gátlás káros következményei és nem intenzitásfokozó hatása érvényesül. Pedagógiai szempontból a tapasztalat kell, hogy esetenként döntsön.

*Sajnos tapasztalatom szerint a pedagógusok zöme még mindig nem tett le arról, hogy ne alkalmazzon több büntetést, mint ami indokolt. A pedagógus gyakorlatának és a nevelt egyén személyiségének kell eldönteni, hogy a törés, ez a kritikus pont mikor következhet be. Ez a pont az, ahol a fiziológus nem adhat tanácsot. A pedagógusnak kell megismernie a gyerek személyiségét, hogy személyre vonatkoztatottan ebből a két nagy manipulálható entitásból az izgalom-vonzás és a taszítás-gátlásból mennyit alkalmaz. Van egy nagyon tehetséges orosz nyelvtanár barátom, aki képességét azzal bizonyította, hogy majdnem minden évben 4-6 gyereket küld országos versenyre, ahol sorozatosan eredményeket érnek el és helyezést kapnak. Izgatott nagyon, hogy mi állhat e feltűnő teljesítmény mögött. Nem olyan egyéniség, akire azt mondjuk, hogy varázslatos, aki elsőprő hatással van a diákokra, tehát nem az ún. karizmatikus egyéniség. Többek között a következő izgalmas dolgot mondta: „Van egy nagyon egyszerű módszerem. 2 hónapot szentelek minden osztály megismerésére. Megtanulom őket abból a szempontból, hogy ki tud legjobban felelni az óra elején, ki a közepén és ki a végén. Ezt rendszeresen alkalmazom és a gyerekek sikert érnek el. Itt azonban a lényeg az, hogy a gyereket meg kell ismerni!” Az idegrendszeri dinamikának ugyanis több típusa van. Le kell tudni tapogatni azt, hogy ki milyen. Amikor a gyerekek egy kicsit elkanászodnak, akkor mit csinálsz, kérdelem. „Nagyon egyszerű! Aki a legjobban produkál az elején, azt a végén hívom fel. Ez büntetésnek elegendő, nem kell egyéb büntetést alkalmaznom.”*

Mindehhez azonban olyan képesség birtokában kell lennie a pedagógusnak, mely kiemelkedő a személyiségjegyek felismerésében. Ez az a pont, ahol nekem abba kell hagynom, mert ebben a fiziológia tud a legkevésébbet mondani. Amiben az ember fiziológiailag legkevésbé közelíthető meg, az a komplex személyiség. E területen sokkal többet tud az az empíria, amit Önök gyakorolnak.

Ha az itt elmondottak adtak olyan ötletet, amely alátámasztja saját tapasztalatukat, akkor úgy érzem, előadásom elérte kitűzött célját.

Köszönöm figyelmüket.

szerkesztette és közreadja: Ábrahám Mariann