

Tudósforum

A MŰVÉSZETEK GAZDAGÍTJÁK BELSŐ VILÁGUNKAT, AMI JÓTÉKONY HATÁSSAL LEHET A TANULÁSRA, AZ EMLÉKEZÉSRE ÉS A KREATÍV GONDOLKODÁSRA

Freund Tamás, a Magyar Tudományos Akadémia Elnökének előadása
az V. Budapesti Demográfiai Csúcson, 2023. szeptember 15-én

OUR INNER WORLD, ENRICHED BY THE ARTS,
MAY FACILITATE LEARNING, MEMORY, AND CREATIVE THINKING
Lecture Delivered by Tamás Freund, President of the Hungarian
Academy of Sciences, at the V. Budapest Demographic Summit,
on 15 September 2023

Szeretném megköszönni Novák Katalin Elnök Asszonynak a lehetőséget, hogy megoszthatom gondolataimat ezzel az illusztris hallgatósággal. Arra szeretnék most rávilágítani, mennyire fontos motivációinkból, emócióinkból és kulturális örökségünkben álló belső világunk fejlesztése tanulási és alkotóképességünk kibontakoztatása érdekében.

A családi élet előtt álló egyik legfontosabb kihívás a tanulás, különösen gyermekek esetében, miközben az élethosszig tartó tanulás jelentősége is egyre nő elöregedő és demográfiai válsággal küzdő társadalmunkban. Arra igyekszem rámutatni, milyen tanulási előnyökkel jár az aktív belső világ, ha emocionális gazdagságunk, motiváltságunk, erkölcsi követelményeink és pozitív gondolkodásunk fokozásával, valamint kulturális örökségünk nemzedékről nemzedékre történő hatékonyabb átadásával gyarapítjuk és fejlesztjük. A neurobiológiai kutatások legújabb eredményei segítségével fontos következtetéseket vonhatunk le a tanulási és emlékezési mechanizmusokat, valamint a kreatív gondolkodást illetően: egyértelműen bizonyítják, hogy a motivációkkal és az emóciókkal kapcsolatos információkat hordozó agyi idegpályák a tanulásban és az emlékezésben alapvető szerepet játszó agyhullámokat keltenek. Most röviden összefoglalom a memórianymokat és agyhullámokat létrehozó neuronális mechanizmusok működését, hogy igazoljam Önök előtt a szóban forgó következtetés tudományos megalapozottságát.

A memórianyomokat az agykéreg tárolja, ez a több mint egy négyzetméter kiterjedésű, 3-4 milliméter vastagságú szürkeállomány, amely „összehajtogatva” elfér a koponyánkban. Az agykéreg mérete arányos a kognitív képességekkel: így például a majmoké nem éri el a két négyzetdecimétert. Agyunknak ez a része százmilliárdnál is több idegsejtet, azaz neuront tartalmaz, melyek nyúlványaikon keresztül szorosan kapcsolódnak egymáshoz. Egy idegsejt tíz- vagy akár a száz-ezret is meghaladó számú más idegsejttel állhat kapcsolatban kiterjedt, faágakhoz hasonlítható elágazású nyúlványrendszerein keresztül. Az agykéreg e bonyolult hálózatai működtetik legmagasabb rendű agyi funkcióinkat, így a tudatos érzékelést, a tanulást, az emlékezést; itt jelentkeznek a motivációs és az emocionális hatások, itt keletkeznek az eredeti gondolatok, itt alakul ki a kreatív gondolkodó képesség. Az emberi agykéreg egyedülálló abban a tekintetben, hogy tudatában van saját létének, el tudja helyezni a *Self*t mind az anyagi világban, mind más agyak – azaz a társadalom – vonatkozásában.

A mintegy százmilliárd idegsejtből álló agykéreg – amelynek mindegyik eleme, mint láttuk, tíz- vagy akár százezer társához kapcsolódik – gyakorlatilag korlátlan tárolókapacitással rendelkezik. Ez különösen igaz, ha tekintetbe vesszük, hogy az idegsejtek között fennálló kapcsolatok nem állandó erősségűek, és a használat függvényében felerősíthetők. Az idegsejtek között létrejött felerősített kapcsolatot memória-alapegységnek tekinthetjük. Természetesen az emléket nem egyetlen, két idegsejt között kialakult kapcsolat tárolja. Nincsenek „nagy-mama-neuronok”, amelyek aktiválódásuk esetén felidéznek előttünk nagymamánkat. Amikor egy memórianyom kialakul, a percepció folyamatban részt vevő idegsejteknek (számuk több százmillió is lehet) fel kell erősíteniük egymással való kapcsolataikat, s ily módon olyan hálózatot alakítanak ki, melyen belül potencirozott kapcsolatok működnek. Ezeket a potencirozott minihálózatokat már memórianyomoknak vagy engramoknak tekinthetjük. A tanulási hatékonyság szempontjából a legérdekesebb kérdés az, hogy ezek a kapcsolatok hogyan potencirozódnak, és hogyan erősíthető fel ez a folyamat. Számos bizonyíték szól amellett, hogy ha két egymáshoz kapcsolódó neuron egyidejűleg, maximum néhány ezredmásodperc különbséggel külső, a köztük levő szinapszis felerősödik. Vagyis kell lennie egy mechanizmusnak, amely összehangolja azoknak a neuron-millióknak a tevékenységét, amelyek részt vesznek egy adott pillanatban előálló adott észlelet kódolásában. Ez a mechanizmus az agynak az agykérgen kívül lévő, szeptumnak nevezett területén elhelyezkedő ritmusgeneráló (pacemaker) neuronok egy csoportját foglalja magába. Ezek a sejtek ritmusosan összehangolják a neuronális tevékenységet, ami által agyhullámok jönnek létre. Vagyis létezik egy ősi agyi struktúra, a szeptum, amely képes az egész agykéregben összehangolni a neuronális tevékenységet.

Összesen három olyan agyi terület akad, mely ugyanazt a stratégiát alkalmazza, amikor szabályozza az agyhullámok által generált agykérgi neuronok össz-

hangját, s ily módon befolyással van az emlékek kialakulására. A legfontosabb következtetések az említett három terület közös jellemzőinek vizsgálata során vonhatók le. E területek mindegyike csak néhány százezer neuront foglal magába, de képesek arra, hogy hatékonyan ellenőrizzék és összehangolják a több milliárd neuront tartalmazó teljes agykéreg tevékenységét. Ugyanakkor – s ez a legfontosabb – információkat hordoznak az egyén motivációjáról, emóciójáról és élettani állapotáról. Több ezer éves kulturális örökségünk által meghatározott motivációink és emócióink együtt alkotják belső világunkat.

Ez a magyarázat arra a mindnyájunk által jól ismert tényre, hogy eleven emlékként élnek bennünk olyan évtizedekkel ezelőtt történt események, amelyekhez erős érzelmek társultak. Akár tragikus, akár örömteli eseményről van szó, sohasem fogjuk elfelejteni. Ugyanakkor a számunkra érzelmileg semleges történetek már másnapra elfelejtődhetnek. A tudomány jelenlegi állása szerint agyunk képes úgyszólván mindent elraktározni, ami valaha megtörtént velünk – jöllehet csak a dolgok töredék részére emlékezünk. Ami azt jelenti, hogy a nehézséget nem a raktározás, hanem az előhívás jelenti. Belső világunk mintegy fogantyúval látja el az információcsomagokat az elraktározás során, mely segítségével megragadhatjuk és bevonhatjuk őket tudatos gondolkodási folyamatainkba.

A fentiekből következik, hogy a kreativitás szempontjából a legfontosabb tanítási/önképzési feladat mindenekelőtt abban áll, hogy a tanulási folyamat során elegendő időt és megfelelő körülményeket biztosítsunk az agy számára annak érdekében, hogy belső világunk impulzusait összeköthesse a külső világból érkező információcsomagokkal. Ezek az impulzusok hatékonyabbá teszik a raktározást és az előhívást az agyhullámok által felerősített szinkronia révén. Ugyanilyen fontos, hogy belső világunkat állandóan gyarapítsuk és fejlesszük érzelmi gazdagságunk, motivációink és erkölcsi követelményeink magasabb szintre emelésével, valamint kulturális örökségünk nemzedékről nemzedékre történő hatékonyabb átadásával. Ma viszont azt kell tapasztalnunk, hogy az információáradat és a modern kommunikációs technológiák kedvezőtlenül befolyásolják a belső világ bevonása iránti igényt és ennek feltételeit.

1) Nincs elegendő idő arra, hogy a belső világ impulzusai összekapcsolódhassanak a külső világból származó információcsomagokkal. Amikor gyermekeink leülnek a számítógép elé, hogy megkeressenek valamilyen számukra fontos információt, motiváltan érdeklődnek, és érzelmileg is szoroson viszonyulnak az elsajátítandó ismerethez. Ám, ha a keresés során valami érdekesebb dologra bukkannak, rákattintanak, és közben arra gondolnak, hogy később majd utánajárnak az eredetileg keresett információnak. Ehelyett azonban újabb és újabb érdekes témákra bukkannak. Ebből ered a „szörfözik az interneten” kifejezés. Ha egy órával később megkérdezzük tőlük, miért ültek le a számítógép elé, és mit kerestek az interneten, már nem tudnák megmondani. Ekképp a szörfözés során

a motiváltság és az érzelmi hozzáállás fokozatosan elenyészik. Az átmeneti emlékraktárakat elárasztják a haszontalan információk, amelyek nem rendelkeznek emocionális töltettel, vagy, ha úgy tetszik, nincs rajtuk „fogantyú”. Ezért semmilyen eredeti gondolat nem fog kialakulni ezekből a memórianyomokból. Az ilyen felszínes információgyűjtés frusztráltságot és csökkenő kreativitást eredményez. S minthogy az érzelmek kiiktatódnak a folyamatból, vagy csak csekély szerepet játszanak benne, az efféle tevékenység érzelmi elsivárosodáshoz is vezethet.

2) Az információáradat alkalmazkodási kényszert idéz elő az emberi agy számára, hasonlóan az egyes fajokhoz, amikor a környezetük tartósan megváltozik. Ha változás áll be a környezetben, az élőlényeknek alkalmazkodniuk kell az új körülményekhez. A természetes kiválasztódás azokat a genetikai variánsokat részesíti előnyben, amelyek a többiekénél jobban boldogulnak az új környezetben. Minél nagyobb mértékű a környezeti változás, annál erősebb az alkalmazkodási kényszer vagy szelektációs nyomás. Az információkat egyfajta „környezetnek” tekinthetjük az emberi agy számára, mivel ez az a szerv, amely biztosítja az információk észlelését, elraktározását és felhasználását. Vagyis, az információ-robbanás erős alkalmazkodási kényszert, adaptációs nyomást idéz elő az agy számára. Ha nem tudjuk kezelni az új helyzetet, és nem alakítunk ki megfelelően hatékony megbirkózási stratégiát, akkor az agy maga válaszol a kihívásra, ami nem éppen ideális megoldás. Az agy mindenáron meg akarja védeni magát az információáradattól, és például alkohol- vagy kábítószer-fogyasztással „húzza le a rolót”.

Nem sokkal jobb az sem, ha elhisszük, hogy meg tudunk emészteni ekkora információmennyiséget, ám legtöbbször nem képes erre. Mindez frusztráltság, krónikus stresszhez, végül depresszióhoz vezethet. Nem csoda tehát, hogy napjainkban nagymértékben elterjedt a kábítószer-fogyasztás, az alkoholizmus, s velük párhuzamosan a neurológiai és pszichiátriai rendellenességek. A WHO szerint egészséggazdasági szempontból a következő évtizedek legsúlyosabb betegségei a depresszió, a szorongás, valamint ezek szomatikus következményei lesznek. Ennek legalább egyik okát most már ismerjük.

3) Az internetes kommunikáció (például a Facebook, TikTok) rendkívül hatékony. Számptalan előnnyel jár, de megvannak az árnyoldalai is, amennyiben a személyes kontaktus helyébe lép. Ez történik akkor, amikor a gyerekek azért szaladnak haza iskola után, hogy az interneten lépjenek kapcsolatba egymással ahelyett, hogy együtt sportolnának, tankörbe járnának, vagy más közös tevékenységet folytattának. Érzékszervi deprivációhoz vezethet, ha érzékszerveink nagy része nem vesz részt a kommunikációban. Ilyenkor nemigen valósulhat meg az érzések hiteles átadása, melyek ekkor nagyrészt kirekesztődnek a kommunikációból, ami érzelmi kiüresedéshez vezethet.

A Covid-pandémia alatt megtanultunk otthon dolgozni és otthonról lebonyolítani a bevásárlásainkat. Ez szociális elszigetelődéshez vezethet. Az emberek genetikailag meghatározott módon társas lények. Ha kiszakítják őket természetes társadalmi közegükből, fennáll a veszély, hogy csökkennek kognitív és fizikai képességeik, ami olykor személyiségtorzuláshoz vezethet. Ma már eljutottunk odáig, hogy internetaddikcióról kell beszélünk.

A kutatók eredetileg tréfából alkották meg ezt a kifejezést, ma azonban már klinikailag leírt mentális betegséget jelöl, amelynek három fő súlyossági fokozata van. A legsúlyosabb stádium az obszesszió, amikor is az illető kényszerítő szükségét érzi annak, hogy sok időt töltsön az interneten, gondolatai állandóan ide irányulnak, és súlyos depressziós tüneteket mutat, ha el van zárva a világhálótól. Valamivel enyhébb fokozat, ha az illető elhanyagolja az élet egyéb területeit, így társadalmi kapcsolatait, munkáját, hobbjait vagy egészségét. A legenyhébb stádiumban – amelyet legtöbbször jól ismerünk – képtelenek vagyunk uralkodni magunkon, és nem tartjuk be azt az időt, amelyet eredetileg internetezésre szántunk.

Egy nemrég elvégzett MRI-alapú kutatás során Janszky József és munkatársai különböző fokozatú internetfüggőségben szenvedő páciensek agyát vizsgálták meg, és megdöbbentő változásokat tapasztaltak. A prefrontális agykéreg, amely érzelmi kontextust társít minden olyan eseményhez, melyet meg akarunk őrizni emlékezetünkben, összezsugorodott. Ekképp az érzelmeknek a szörfölés során bekövetkező kikapcsolása a jelek szerint fizikális következményekkel járt: megváltozott az agy struktúrája. Egy másik fontos változás az agy jutalmazási központja, a *nucleus accumbens* megnagyobbodásában jelentkezett. Az itt felszabaduló dopamin nevű ingerületátvivő anyag elégedettséget és örömrézetet kelt. A szóban forgó agyi régió megnövekedett volta arra vall, hogy az illető kiterjedt örömszerzést folytat az internetezés közben. Hasonló jelenséggel állunk szemben a kábítószerfüggők esetében.

Felmerülhet a kérdés: miért alakult ki az agy fejlődése során ez a jutalmazási rendszer? Mikor szabadul fel az örömrézetet okozó dopamin a *nucleus accumbens*ben?

- Dopamin elsősorban a faj fennmaradását szolgáló tevékenységek (evés, ivás, szexuális tevékenység) során szabadul föl.
- Az emberekben a komoly energiabefektetéssel – szakmai sikerekkel, így például sikeres vizsgával, dolgozattal, PhD-fokozat megszerzésével vagy sportsikerekkel – elért eredmények szintén dopaminkibocsátáshoz vezetnek az említett agyi régióban.
- Az emberek rájöttek, hogyan élhetnek vissza ezzel a jelenséggel, amikor azt tapasztalták, hogy a heroin-, kokain-, kannabisz-, alkohol-, nikotin- vagy amfetaminfogyasztás is intenzív örömrézetet okoz, és később kiderült valamennyiről, hogy hatásukat ugyancsak dopamin felszabadításával érik el

a *nucleus accumbens*ben. Azt is felismerték, hogy lényegesen könnyebb elszívni néhány füves cigarettát, mint egy PhD-disszertációt megvédeni.

- Sajnos az internet nem megfelelő használata szintén dopaminkibocsátáshoz vezet. Ezzel magyarázható a *nucleus accumbens* megnagyobbodása internetfüggő személyeknél.
- Jó hír viszont, hogy a katarzis vagy művészeti élmény ugyancsak dopamin-felszabadulással jár. Vagyis rendelkezésünkre áll egy korlátlan, olcsó és egészséges öröm- és jutalomforrás is a kábítószeres és a patológiás internet-használat helyett.

Térjünk most vissza a kreativitás szempontjából legfontosabb két tanítási/önképzési feladathoz. Ezek közül a második belső világunk gazdagítását és fejlesztését írja elő, mivel nem építhetünk rá, amennyiben szegényes, labilis és hiteltelen marad.

Belső világunkat azzal gazdagíthatjuk a legkönnyebben és a legélvezetesebb módon, ha művészeti, illetve katartikus élményekben részesülünk. A gazdagság mértéke még nagyobb lehet, ha magunk is aktívan részt veszünk valamilyen művészi alkotási folyamatban. De ugyanezzel az eredménnyel járhat, ha erkölcsi, etikai célokat tűzünk ki magunk elé, vagy együttműködő kisközösségek aktív tagjaivá válunk.

A kisközösségekben kifejtett kreatív tevékenységben mind a négy összetevő jelen van. Ilyen lehetőséget kínálnak az énekkarok, a kamarazenekarok, a színjátszó körök, a tánc-, illetve néptánc-csoportok, az irodalmi körök, a filmklubok, a vizuális művészeti táborok vagy a csapatsportok.

Gimnazista koromban abban a szerencsés helyzetben voltam, hogy kórusban énekelhettem, egyszerre kettőben is, valamint klarinéton és szaxofonon játszhattam két jazzegyüttesben és néha egy szimfonikus zenekarban is. Meggyőződésem, hogy ha kutatói pályámon valaha felöltött bennem egy-egy kreatív gondolat, akkor ez jelentős mértékben a zene által gazdagított belső világomnak volt köszönhető. Nem vagyok teljesen meggyőződve arról, hogy ez a mechanizmus magában foglalja a motivációkról és érzelmekről információkat szállító idegpályáktól függő agykérgi oszcillációk útján megvalósuló szinkroniát. Abban viszont biztos vagyok, hogy a nagy magyar zeneszerzőnek, Kodály Zoltánnak mélységesen igaza volt, amikor ezt mondta: „A zene rendeltetése: *belső világunk* jobb megismerése, felvirágozása és kiteljesedése. S ahol az emberi megismerés határait érjük, ott a zene még túlmutat rajtuk, olyan világba, melyet megismerni nem, csak sejteni lehet.”

Míntha receptet adott volna a tudósok kezébe! Nekünk, kutatóknak ugyanis az a feladatunk, hogy korunk csúcstechnológiáit felhasználva a lehető legmesszebbre toljuk ki a megismerés határait. S ezután persze újabb és újabb korlátokba ütközünk. Ha nem tudunk bepillantani ezeken a határokon túlra, akkor sohasem

találunk rá a következő *legjobb* hipotézisre, az ismeretlen felderítését szolgáló legalkalmasabb megközelítésre.

Pályánk során művészetek által gazdagított belső világunk mutathat irányt megérzéseinknek, amelyek hozzásegíthetnek bennünket, hogy bepillantást nyerjünk az ismeretek határain túlra, s olyan döntéseket hozzunk, amelyek realiztikusak, és kreatívnak, hasznosnak bizonyulnak. S ha figyelemmel vagyunk belső világunkra, ha meghalljuk lelkünk rezdüléseit, akkor tudjuk igazán kreativitásunkat, vágyainkat és az együttműködő szellem erejét szűkebb és tágabb közösségeink szolgálatába állítani.