

Kamaszkori agyfejlődés – az alvás szerepe a tanulásban

A felnőtté válás az élet kritikus periódusa. Nem véletlen, hogy ilyenkor növekszik leginkább a droghasználat, a nem kívánt terhességek, a nemi betegségek vagy az autóbalesetek száma. A kamaszok kockázatvállalása azonban nagy rugalmassággal is párosul: az agy plaszticitása ezt az életszakaszt a lehetőségek idejévé teszi. Kovács Ilona professzor, a PPKE Pszichológiai Intézetének vezetője ezért tanulmányozza kutatócsoportjával az agykéreg serdülőkori fejlődését és kapcsolatát az alvással. Az NKFI Alapból finanszírozott projekt eredményei a neveléstudományban, az orvoslásban és a mindennapokban is hasznosíthatók.

Az idegtudomány szakirodalma a kamaszkort gyakran a tavaszhoz hasonlítja. Ha valaki ebben az évszakban ügyesen metszegeti az almafát a kertben, akkor az sok virágot és bő termést hoz. Ha nem szán rá időt, akkor a fán sok levél lesz ugyan, de kevés alma. Ha pedig rosszul metszi a fát, talán még rügy sem nő rajta. Valami ilyesmi történik az emberi agyban is – állítja Kovács Ilona kutatásvezető. – Van egy optimális „huzalozottság”, amelyet a fejlődési folyamatok, a hormonális és környezeti hatások egyaránt befolyásolnak. A kamaszok esetében azt kezdtük el vizsgálni, hogyan fejlődik ki a felnőtt agy, hogyan vannak „összedrótozva” az egymástól távoli agykérgi területek. Újabban bebizonyosodott, hogy az alvásnak mind az agy érésében, mind a felnőtt agy általi tanulásban igen komoly szerepe van.

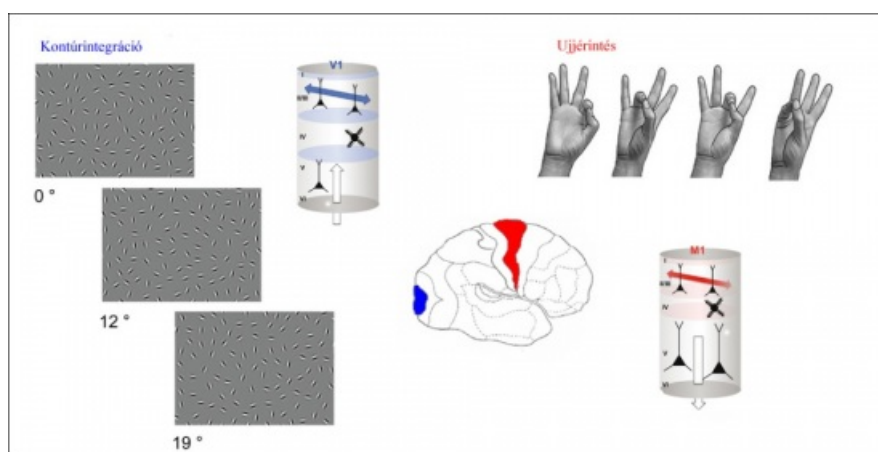
A most folyó projekt részben [egy korábbi, szintén támogatott kutatás](#) eredményein alapul, amelyben normális és rendellenes agyi fejlődés esetén vizsgálták az alvásfüggő érési és tanulási folyamatokat. A kutatókat a Williams-szindrómás – emiatt krónikus alvászavarban szenvedő – fiatal betegek vizsgálata inspirálta az alvás és a tanulás kamaszkori agykérgi szerveződésének további elemzésére. (Publikációjuk a Williams-szindrómások rossz alvása és mozgástanulása között fellelt összefüggésről hamarosan a *Scientific Reports*-ban is megjelenik.)

Milyen módszerekkel követhető az agy fejlődése, az agyban zajló kommunikáció?

A felnőtt agykéreg belső kapcsolatrendszerének kialakulását nem könnyű vizsgálni. Az egyik lehetőség a teljes éjszakai alvás követése nagy felbontású elektroenkefalográf (EEG) berendezéssel. Ez lehetőséget ad arra, hogy feltérképezzük az agykérgi területek kapcsolódásait (szintén a Williams-szindrómásokkal foglalkozó kutatás során Gombos Ferencsel és Bódizs Róberttel kidolgozott módszer: [Scientific Reports, 2017 Jul 21](#)), másrészt így az alvás folyamata is finoman elemezhető. A most futó projektben már nagyon jól kiértékelte módszertannal dolgozunk. A laborban 12, 16 és 20 éves alanyok alvását vizsgáljuk.

Nekik ezek szerint bent kell aludniuk egy laborban?

Igen, a mi vizsgálati helyiségünk egy elektromosan árnyékolt kis hálószoba, amelyhez fürdőszoba is tartozik. Egy-egy fiatal három éjszakát tölt nálunk, és ha a szülő szeretne a közelében lenni, akkor őt is el tudjuk helyezni. Napközben nem szükséges bent maradniuk, de megkérjük őket, hogy ne fogjanak különleges aktivitásba, hiszen az is befolyásolja az alvásmintázatokat – pont emiatt ez a kísérlet csak hétvégén folyik, amikor tanítás sincs. A „próbaalvás” után szombat este következik az „alpaplás”, és vasárnap reggel, amikor felébrednek, elkezdjük a feladat gyakorlását. Háromszor gyakorolnak egy egyszerű mozgásos és egy perceptuális feladatot. Ezt a módszertant a Williams-kutatásainkból „hoztuk magunkkal”. A vasárnap éjszakai alvás után még egyszer megcsinálják a gyakorlatokat.



A viselkedéses vizsgálat vázlata

Középen az emberi agy oldalnézete látható, az elsődleges látókérget (V1) kék, az elsődleges motoros kérget (M1) piros szín emeli ki. Az agykérget rendszerint hat eltérő funkciójú rétegre osztják, a rétegen belüli hosszú távú kapcsolatok elsődleges forrása a II. és III. réteg. A kontúrintegrációs feladat az elsődleges látókéreg, az ujjérítéssel a motoros kéreg hosszú távú kapcsolatait célozza meg. A kontúrintegrációs feladatban néhány apró elem vízszintes ovális formát rajzol ki a véletlenszerűen elrendezett elemek között. A három téglalap egyre nehezedő feladatokat mutat.

Az ujjérítéssel a gyakorlat nem igazán tűnik olyannak, mint ami túlságosan megerőltetné az agyat...

A legtöbb tanulási folyamatban az elvégzendő feladat nyilván nem ilyen egyszerű, mint amit mi tűzünk ki a kísérletünkben. De ha túl összetett feladatot adnánk – mondjuk tanuljanak meg korcsolyázni, kosárra dobni vagy tanuljanak meg egy csomó idegen szót –, azzal az egész agyat mozgósítanánk, így nem tudnánk pontosan összekötni a zajló folyamatokat a kiváltott kérgi változásokkal. Éppen azért szorítkozunk ilyen kicsi, konkrét feladatokra, amelyekről már jól tudjuk, hogy melyik agykérgi területet érintik, hogy követhessük a változásokat.

Ehhez először is 128 elektródát erősítünk fel az alany fejére egy speciális, úszósapkára emlékeztető elektródasapkában. Az EEG-asszisztensünk, György Zoltán, aki valóban nagyon profi, másfél órát tölt azzal, hogy a sapkát rögzítse, ugyanis minden egyes elektróda alá zselét kell nyomni, beigazítani, a gépen pedig ellenőrizni, hogy jó helyre került-e. Ez a sapka nem túl kényelmetlen, és ha jól van fölrakva, akkor általában kibírja az egész éjszakát, csak néha veszítünk el egy-két elektródát – ami nagy szó a sikeres mérés szempontjából.



A sapka felhelyezése

Mit lehet leszűrni ezekből a mérésekből?

Régen azt gondoltuk, hogy éjszaka az egész agy alszik, de ma már tudjuk, hogy ez nem így van. Az agy egyes részei különböző mértékben alszanak, és a mérések arra utalnak, hogy az alvás alatt nem ugyanaz történik az egész agyban; a történések attól is függenek, hogy mit csináltunk napközben. Esetünkben várhatóan azt látjuk majd, hogy nemcsak az alvás hat a gyakorlásra, hanem fordítva is: ha valaki sokat gyakorolja ezt az újjéringető feladatot, akkor a motoros kéregben megnő az aktivitás. Emiatt a gyakorlás után sokkal több speciális oszcillációt, ún. orsót várunk az alvásmintázatban, mint amennyit előző éjszaka tapasztaltunk (az „orsók” az adott pillanatban egyszerre aktiválódó idegsejteket jelentik, amelyek a hosszú távú emlékezetbe való beíródás molekuláris folyamatára utalnak). Remélem, hamarosan beigazolódnak ezek a feltételezésünk – egyelőre még tart az elemzés, de rövidesen már erről is lesznek adataink.

Miben jelent újat ez a kísérlet?

Ilyen vizsgálatok még soha nem folytak emberen. Patkányokba már ültettek be olyan elektródákat, amelyekkel megmutatták, hogy éjjel a hippocampusban (a halántéklebeny mélyén elhelyezkedő agyterület, amely az ismeretek rögzítésében vesz részt) „újrarajzolódik” annak a labirintusnak a képe, amelyet az állat korábban bejárt. Azaz a hippocampus helyérzékelésért felelős sejtjeinek aktivitásából látszik, hogy a patkány mivel foglalkozott napközben. Egyre inkább úgy gondoljuk – bár ez egyelőre csak hipotézis –, hogy éjjel azokon a területeken indul el a ritmusos aktivitás, amelyek részt vettek a napközben gyakorolt feladatban. De az is számít, hogy a feladat fontos legyen, és egyre jobban akarjuk csinálni.

Az aktivitás felkeltése után rögzül a „tudás”?

Engem az izgat a legjobban, hogy mi hogyan rögzül, de ezt végképp nehéz kideríteni. Például a biciklizés tanulásakor egy csomó hibás mozdulatunk van. Hatalmas rejtély, hogy mi rögzül egy kezdő agyában. Ha az elején minden bevésődik, akkor később valahogy ki kell szűrni, „el kell felejteni” a hibákat...

Arra utalt korábban, hogy a kamaszok agyában is hasonló folyamat játszódik le...

Ez a „pruning” vagy metszegetés: a hibás, fölösleges kapcsolatok megszüntetése. Ez is még csak elmélet, egyelőre nincs rá bizonyítékunk. De hogyan derül ki, hogy mi a hibás, mi alapján szelektálódnak ki az agykérgi kapcsolatok? Nem tudjuk egyelőre, de ezek fontos kérdések! Mindenesetre ebből a vizsgálatból kiderül – mert eddig erre sem volt még adat –, hogyan fejlődik az alvás finom mintázata kamaszkorban, milyen az alvásmintázat alapján feltárható agykérgi huzalozottság tipikus kamaszkori fejlődése, és hogyan határozza meg az alvás a tanulást.

Volt még egy nagy tanulság a projekt négy éve alatt – és ezt fiatal kollégáimnak köszönhetem, különösen Filep Orsolyának, aki az adatelemzésbe kapcsolódott be, és nagyon sokat nézegette a kamaszok viselkedéses adatait Gerván Patríciával együtt, aki szintén régóta dolgozik velünk. Azt látták, hogy nemcsak a Williams-szindrómások, hanem az egészséges kamaszok teljesítménye is nagy szórást mutat. Bár egy szűk korcsoportot vizsgálunk, mégis olyan teljesítménybeli eltéréseket látunk, hogy nehéz eldönteni, ki a tipikus, és ki az atipikus. Orsolyának köszönhetően újra és újra elővettük ezt a kérdést. Nyilván arról van szó, hogy nemcsak az életkor befolyásolja a kamaszkorban a kéreg felnőttserűségét, hanem van egy olyan tényező, amit érettségnek nevezhetünk, ez pedig elsősorban hormonálisan meghatározott – legalábbis így gondoljuk, mert eddig még senki sem vizsgálta meg külön az érettség és az életkor, a tapasztalatok hatását a kamaszkori agykérgi változásokra.

A mi állításunk az, hogy a csontkor megmondja a biológiai életkort, amiben benne van az a feltételezés, hogy a csontkor nagyon szorosan kapcsolódik a hormonális és agykérgi éréshez. Merthogy a kamaszkori változásokat – például a metszegetést – valójában a hormonok indítják el. Ez azért érdekes, mert két „tipikusan teljesítő” gyerek biológiai kora akár öt év különbséget is mutathat. Mi az ilyen vizsgálatokhoz szakértő partnerre találtunk a [Sporttudományi és Diagnosztikai Központban](#), ahol járatosak a csontkor meghatározásában. Nagy lépést tettünk meg azzal, hogy a Diagnosztikai Központtal együttműködve kipróbáltuk az ultrahangos csontkor-meghatározást, ami a hagyományos röntgenfelvétellel szemben nem terheli a szervezetet. (Ezt a fajta mérést még nem vonták be kutatásokba, de már van adatbázisa, és a mért értékek nagyon jól illeszkednek a röntgennel meghatározott értékekhez, ezért bátran használhatjuk.) Kidolgoztunk egy olyan paradigmát, amellyel világosan kimutatható, hogyan hat az érés és a tapasztalat bármilyen kognitív funkcióra. Ezt azonban már egy következő kutatási projekt keretében fogjuk vizsgálni (2017–2022: MTA-PPKE Serdülőkori Fejlődés Kutatócsoport).

Lehet már mindenki számára hasznos üzenete a kutatásaiknak?

A hamarosan lezáruló projekt eddigi és várható eredményei egyértelműen utalnak az alvás és a tanulási képességek összefüggésére, illetve az alvás fontosságára a tanulásban. Innentől akár a szülők is tehetnek azért, hogy befolyásolják a gyerekek alvásminőségét. Nyilván nem kell minden szabályt drákói szigorral betartani, de ma már néhány kattintással megtudhatjuk, hogy ha este mandulát, banánt eszik és tejet iszik a gyerek, akkor jobban alszik, mint egy nehéz, zsíros vacsora után.

A szülőknek és a szakembereknek is fontos tisztában lenniük azzal, hogy a gyerekek kamaszkori érése sajátos pályát követ. Amellett, hogy bizonyos dolgokat genetikailag örökölnek, valamint a környezet és a táplálkozás is befolyásolja ezt a pályát, mindenképpen egyedileg jellemző rájuk. Van olyan gyerek, aki korábban érkezik, és van, aki később. Ez is hathat arra, hogy valaki mennyire motivált, mennyire képes bizonyos dolgokat elsajátítani egy adott életkorban. Az a jó, ha figyelembe vesszük a gyerek egyéni adottságait, amikor eldöntik például, hogy menjen-e a gimnázium nulladik osztályába, vagy a legerősebb matektagozatot válassza. Óvatosan beszélek a szülői tudatosságról, mert még nem tudjuk, hogyan hat az érettség, és hogyan a tapasztalat a kognitív teljesítményre. Ezt a két hatást még soha nem vizsgálták külön ebben az életkorban, és éppen ennek a feltárása felé indultunk el.

Biztos vagyok abban, hogy a kutatásaink során fellelt ok-okozati összefüggések nem csak a tudománynak segítenek. Ha egy ilyen eredmény megjelenik a megfelelő fórumokon, annak visszhangja lehet: az olyan tanulság, amit egy valóban mértékadó ismeretterjesztő lapban vagy a BBC honlapján is megírnak, már befolyásolhatja az egyének viselkedését. Általában véve fontosnak tartom, hogy ne csak az elméleti tudománynak dolgozzunk, hanem az emberekhez is minél előbb eljussanak az eredményeink. Ezért szervezzük most egy londoni és egy belga partnerrel a „transzlációs viselkedéskutatás” nemzetközi mesterszakot. A „transzlációs” kifejezés arra utal, hogy nemcsak az elméletet és a módszereket adjuk át a hallgatónak, hanem azt is megtanulják, hogyan alkalmazhatják ezt a tudást akár hétköznapi problémák megoldásában.

A kutatónak a témához kapcsolódó korábbi támogatott projektje:

2006–2011: Procedurális tanulás normális és károsodott agyi fejlődés esetén –[NF 60806](#) (30,34 millió Ft)

Támogatott projekt: [NK 104481](#)

Miből lesz a felnőtt agy? A serdülőkori, mint az agykérgi fejlődés kritikus periódusa

Időtartam: 2013. január – 2017. december

Projektvezető: Kovács Ilona, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Pszichológiai Intézetének vezetője

A támogatás összege: 64,6 millió Ft