

AZ ALVÁS ÉS IDEGRENDSZERI ALAPJAI

Dr Acsády László¹

Életünk elengedhetetlenül fontos része az alvás. Az alvásigény az egyik legerősebb biológiai hajtóerő. A többi, fontos biológiai hajtóerőnek (táplálkozás, szaporodás) ideig-óráig képesek vagyunk ellenállni, élénkítőszerek nélkül azonban, egy-két nap után menthetetlenül álomba merül mindenki. Az alvás alapvetően meghatározza szervezetünk működését. Az alvásproblémákkal küzdők körében számos testi és lelki zavar sokkal nagyobb valószínűséggel jelentkezik, mint jól alvóknál. Miután az emberek többsége, élete valamelyik szakaszában, tartós vagy átmeneti alvászavarral küzd a kérdés súlyos népegészségügyi, sőt miután az alváshiány jelentősen befolyásolja a szellemi teljesítő- és alkalmazkodó képességet, az alváshiány gazdasági és szociológiai probléma is.

Miért alszunk?

Életünk jelentős részét (majd egyharmadát) alvással töltjük. Mindezek ellenére az alvás valódi okait, célját és hátterét alig-alig ismerjük. Az összes többi biológiai hajtóerő célja viszonylag könnyen meghatározható (a szervezet energia egyensúlyának, só-víz háztartásának helyreállítása, utódok nemzése, örömszerzés, veszély elkerülése stb. stb.) az alvás esetében hasonló jól megfogható célt sokkal nehezebb meghatározni. Röviden, pontos, tudományos magyarázat még nem áll rendelkezésre, hogy miért alszunk.

A rövid, egyszerű, hétköznapi választ erre a kérdésre természetesen mindenki ismeri, azért alszunk, mert fáradtak vagyunk. A fáradtság azonban fiziológiailag nehezen meghatározható dolog. Mi a fáradtság? A test kimerülése? Az agy kimerülése? Felhalmozódik a szervezetben az ébrenlét során valami olyan anyag, amit el kell bontani? Vagy éppen ellenkezőleg elfogy valami, amit alvás során újra kell termelni? Mi ez az anyag és hol szintetizálódik? Ezekre a kérdésekre jelenleg még keressük a pontos választ.

Alvás és környezet

Érdeemes végiggondolni, hogy evolúciós szempontból az alvás rendkívül költséges, veszélyes dolog. Alvás során csökken az érzékszervek érzékenysége, tehát egy alvó állat jobban ki van téve a környezet (ragadozók) veszélyének, mint egy éber pihenő állat. Tehát, ha az alvás elsődleges szerepe a test pihenése lenne az evolúció során aktív éber és nyugalmi éber szakaszok váltakoznának egymással. Azonban szinte semmilyen mozgó, aktív állatcsoportban nem ezt tapasztaljuk. A legújabb eredmények szerint az alvás majd minden állati szervezet közös jellemzője. Alvó állapotot leírtak ízeltlábúaknál (muslica), halaknál, hüllőknél, madaraknál, emlősöknél. Természetesen az alvás minden

¹ MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet, Thalamus Kutatócsoport

vadon élő állatnál az állat ökológiai környezetének megfelelően módosul. Növényevő patások (pl zebra) akiknek egyrészt napi 18-20 óra táplálkozás szükséges, hogy az alacsony energiatartalmú táplálékukból megfelelő mennyiséget vegyenek magukhoz, másrészt folyamatosan ki vannak téve a ragadozók veszélyének naponta csak néhány órát alszanak. A másik véglet a csúcsragadozók, akik kevés veszélynek vannak kitéve, és miután táplálékhoz jutnak legfontosabb céljuk a megszerzett energia konzerválása. Ennek megfelelően pl. a macskafélék alvásigénye óriási, amit bárki megtapasztalhat otthoni kedvencén. Közismert a cetfélék különleges tulajdonsága, hogy képesek csupán az egyik agyféltekéjükkel aludni. Ennek nyilvánvaló háttere, hogy miután tudóval lélegeznek életük során folyamatosan meghatározott időnként felszínre kell jönniük. Ha nem úsznak, orrnyílásukat nem tudják a víz felett tartani. Alvásra mégis szükségük van. Ennek egy megoldása, hogy alvás során felváltva hol az egyik, hol a másik agyfélteke alszik, a másik pedig egy egyszerű körkörös úszást irányít, ami lehetővé teszi az orrnyílás felszín felett tartását. A legkülönösebb talán a sarlósfecskék esete, akik miután kirepülnek a fészkekből, közel egy évig nem szállnak le, folyamatosan repülnek, mivel a villámló repüléshez alkalmazkodott rövid csüdjükkel és hosszú szárnyaikkal a talajról nem képesek felemelkedni. Legközelebb akkor „pihennek meg”, mikor elérik ivarérettségüket és fészket raknak egy sziklahasadékban, vagy romos épületben. Ezek a madarak repülés közben, hosszabb siklások során alszanak, szemhúnyásnyi rövidségű szakaszokat. Összefoglalva tehát, üldözők, vagy üldözöttek, úszók, futók, repülők, minden veszélye és hátránya ellenére az alvás közös jellemzőjük. Mindezek miatt sok kutató arra a következtetésre jutott, hogy az alvás nem elsősorban a test, hanem az agy szükséglete. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a testnek nincs szüksége az alvásra (nélkülözhetetlen pl, a növekedéshez, az immunrendszer megfelelő működéséhez stb. stb.), de mégis arra utal, hogy az alvás igazi mozgatórugóit az agyban kell keressük.

Alvás, agy és információ

Milyen tehát az alvó agy? Azon egyszerű feltevés alapján, hogy mint az izmoknak, az idegsejteknek is szükségük van pihenésre, az alvó agy aktivitása jóval kisebb kell legyen az ébrenlétinél.

Hosszú évtizedek kutatói munkái a legkülönbözőbb módszerekkel azonban egyértelműen igazolják, hogy ez nem így van. Mint később látni fogjuk, az alvásnak több különböző fázisát különböztetjük meg, de egyiket sem jellemzi a csend, a nyugalom, a csökkent idegrendszeri aktivitás. Az alvás minden stádiumában jellegzetes, aktív idegi sejt működést tapasztalunk. Ez a működés azonban karakterisztikusan más, mint az ébrenlét agyműködés. Az agy tehát, aktív, dolgozik alvás során is, azonban más üzemmódban, mint ébrenlét során. Miért dolgozik azonban az agy, ha nem érnek bennünket feldolgozásra váró információk, nem töprengünk, tervezünk, hanem öntudatunkat veszítve fekszünk?

Sok kutató arra a következtetésre jutott, hogy alvás során az ébrenlétben begyűjtött információk rendezése történik. Az alvásigény tehát nem más, mint annak a szükséglete, hogy a nap

során bennünket ért külső és belső információ tömeget, beleértve új dolgok tanulását, pozitív és negatív élményeket, érzelmi, motivációs állapotunk változását stb. stb, tehát a legkülönbözőbb idegrendszeri hatásokat az agy rendezze. E szerint az elmélet szerint nem feltétlen egy anyag halmozódik fel idegrendszerünkben, hanem rendezetlen információ halmozódik fel, amit az alvás során rendezni kell.

Természetesen ez a hipotézis, mint annyi más a tudományos világban, élénk vita tárgya. Miért kellene egy kacsacsőrű emlősnek (napi 20-22 óra alvás) sokkal több információt rendeznie, mint egy lényegesen bonyolultabb térbeli, társas stb. információ tömegnek kitett elefántnak (napi 3-4 óra alvás)? Ha azonban arra gondolunk, hogy az alvásnak mindenképp alkalmazkodnia kell az állat (fent említett) ökológiai szükségleteihez és mégis valamilyen formában minden ökológiai viszony között fennmarad, akkor ezek a varianciák az alvási igényben valamelyest megmagyarázhatók. A kérdés azonban nem teljesen lezárt, a kis kardszárnyú delfin például élete első két évében (szülei legnagyobb bánatára) egyáltalán nem alszik.

Információrendezés az alvás során

Térjünk vissza azonban az információ rendezés kérdéséhez. Mit jelent ez? A rendezés tulajdonképpen az élőlény számára fontos dolgok rögzítését és a lényegtelen dolgok törlését jelenti az idegrendszerben. Tehát egyfajta utólagos, plasztikus változás, információ szelekció. Az idegsejtek nyelvére lefordítva ez a következőt jelenti. Jelenlegi tudásunk alapján, az új információt az idegsejtek közötti kapcsolatok (szinapszisok) erősségének megváltozása hordozza (A témáról bővebben lásd, *Hájos Norbert: Az idegsejtek közti szinaptikus kommunikáció*). A napi ébrenlét során az új információkat kódoló kapcsolatok erőssége ideiglenesen megváltozik. A rendezéskor, alvás során a fontos kapcsolatok tartósan megerősödnek, azaz a memórianyom tartósan rögzül, a nem fontos információt hordozó szinapszisok gyengülnek, a memórianyom elveszik. Ez az elgondolás egy rendkívül vonzó hipotézis, azonban legalább két feltételnek teljesülnie kell, ahhoz, hogy a hipotézist elfogadhassuk.

- 1) Először is kimutatható kell legyen, hogy a memória és az alvás kölcsönösen hatnak egymásra. Tehát az alvás befolyásolja a memórianyomot és a memórianyom befolyásolja az alvó agyi aktivitást.
- 2) Az idegrendszer fel kell tudja idézni a memórianyom kialakulásának megfelelő ébrenlégi idegi aktivitást a rákövetkező alvás során.

A legmodernebb idegtudományi módszerekkel végzett kísérletekkel úgy tűnik mindkét feltétel igazolható. Vegyük például a mozgás tanulást. Egy megtanult mozgásmintázat alvás során további gyakorlás nélkül tökéletesedik. Ha ugyanannyi időt ébren, és gyakorlás nélkül töltünk a mozgás megtanulása után nem ügyesedünk semmit. Hasonló kísérletek tucatjait végezték el a legkülönbözőbb tanulási tesztekkel, hasonló eredménnyel. Mi több, ha alvás során egy külső stimulátorral az alvásra jellemző hullámformákat (ld. alább) generálunk az agyban, tökéletesebben felidézhető az alvás előtt

megtanult információ (diákok álma, reménye csak jelenleg meglehetősen drága a berendezés), ellenben ha gátoljuk ezeket a hullámformákat romlik a felidézés. Mindezek mellett az is igazolható, hogy az alvás előtti tanulás befolyásolja a rákövetkező alvás során észlelt különböző hullámformákat. Ezek a kísérletek alátámasztják, az első feltétel helyességét.

Hogy állunk a második feltétellel? Rágcsálókban sok idegsejt aktivitásának rögzítésével sikerült igazolni, hogy alvás során a megelőző ébrenléthez hasonló időbeli mintázatban aktiválódnak az idegsejtek. Érdekes módon a mintázat nem volt teljesen azonos az ébrenléttel, gyakran egy más sokkal rövidebb időszíkon történt az aktivitás újrájátszása, illetve az is előfordult, hogy az agy fordított sorrendben játssza le az ébrenléti aktivitást. Tehát mindenképp igazolható, hogy az idegrendszer képes lejátszani az ébrenléti aktivitást, ami lehetőséget teremt az ébrenlét során kialakult idegkapcsolatok erősségének megváltoztatására. Azonban úgy tűnik az agy alvás közben különös játékot játszik az ébrenléti információval, talán éppen ez szükséges ahhoz, hogy a fontosat és nem fontosat elkülönítse.

Az alvó agy

De végül is milyen agyi aktivitás jellemzi az alvást? Miben különbözik az ébrenléti aktivitástól?

Az alvás során különböző alvófázisok váltakoznak. Az agyi aktivitás és a test állapota alapján két fő alvófázist különítünk el: álomlátó vagy paradox alvást (az angol kifejezés az ezen állapotot jellemző gyors szemmozgás miatt, rapid eye movement, azaz REM alvásnak hívják), illetve a lassú EEG (elektroencefalogram) hullámokkal jellemezhető, lassú hullámú vagy non-REM alvást. A két fázis ciklikusan változik alvás során. Ember esetében egy non-REM, REM ciklus 70-90 percig tart. Egy cikluson belül az éjszaka első felében a lassú hullámú alvás dominál, hajnal felé a REM túlsúlyba érvényesül.

A lassú hullámú, non-REM alvás.

A lassú hullámú alvást mély alvásnak is hívjuk. A korábbi elképzelésekkel szemben non-REM alvás alatt is álmodunk. Ez az álom azonban, nem a közismert vad, színes, meglepő fordulatokkal tarkított álom, hanem lassú töprengéshez hasonló gondolkodás, amire általában nem emlékszünk a felébredés után.

A lassú hullámú alvást, nevének megfelelően, alacsony frekvenciájú (15 Hz alatt) EEG hullámok jellemzik (Az EEG kialakulásáról, értelméről lásd Hájos Norbert: Az Agyhullámok – az ideghálózatok oszcillációi). Ezek az oszcillációk különböző frekvenciájúak lehetnek, két fontos képviselőjük a legmélyebb alvás során mérhető ún. delta oszcilláció (0,5-4 Hz) illetve a felszínebb alvás során jellemző gyorsabb úgynevezett orsó (spindle) aktivitás (8-15 Hz). Mindkét hullámforma kapcsolata a memória folyamatokkal egyértelműen igazolt. Pl. tanulás után fokozódik az orsó és a delta aktivitás és kiváltott delta hullámok fokozzák a tanulási teljesítményt.

A közös minden lassú hullámú aktivitásban, és a legnagyobb különbség az éberléti agyi aktivitással szemben az, hogy az oszcilláció frekvenciájának megfelelően aktív és inaktív szakaszok váltják ritmikusan egymást. Éberlétben az idegsejtek aktivitását szinte folyamatos „szisztergés” jellemzi, az idegsejtek folyamatosan működnek, kódolják a környezet információit, mozgásokat terveznek és kiviteleznek stb. Alvásban ezt a folyamatos aktivitást ritmikus csöndek szakítják meg. Az lassú hullámú alvás legfőbb jellemzője tehát a szabályos, nagyon sok idegsejtet egyszerre érintő csendes és aktív periódusok váltakozása. Az aktív szakaszokban nagyon sok idegsejt szinkronizált aktivitást mutat, tehát az alvás során az egész idegrendszerre vonatkoztatva az aktivitás sokkal rendezettebb, mint éberlétben.

A talamusz és az agykéreg

Ezt az óriási területre kiterjedő rendezettséget a talamusz és az agykéreg közös aktivitása alakítja ki. E két terület, rendkívül erős oda-vissza (reciprok) kapcsolatban áll egymással, ami lehetővé teszi, hogy aktivitásukat rendkívül szorosan összehangolják. Mindkét agyterületen számos olyan órajelel működik, ami az alvási oszcillációk frekvenciáján működik, és ha a rendszer nem kap a külvilágból „zavaró” jeleket ezek az órajelek határozzák meg működésüket. Vagyis alvás során az ingerektől elvágott agy a saját ritmusán kezd játszani. E ritmusoknak feltehetően az a jelentősége, hogy a nappali aktivitás visszajátszása az alvás során az órajelek által meghatározott ritmusba ágyazottan történik. Valószínűleg az alvási oszcillációk keltette szinkron idegsejt aktivitás teremti meg a feltételét annak, hogy az ideiglenes memórianyomok tartóssá váljanak, a nem lényeges információk pedig törlődjenek.

Az ébresztő és altató rendszerek

A talamusz és az agykéreg önállóan azonban nem képes átállni az egyik üzemmódból a másikba. Az alvás-éberlét váltakozását az agytörzsben és a hipotalamuszban elhelyezkedő ébresztő/altató rendszerek indukálják. Az ébresztő rendszerek közé számos olyan mag tartozik, amelyik axonjaival az egész talamuszt és agykérget behálózza. Aktiválódásuk kibillenteli e két agyterületet saját alvási ritmusából és átállítja az éber üzemmódra, amiben nem képesek a lassú oszcillációra. Miután e rostok főleg az agytörzsből erednek „agytrörszi aktiváló rendszernek” nevezzük őket. Számos, a neuropszichiátria betegségek miatt elhíresült hírvívóanyag vesz részt e rendszerek működtetésében, mint pl a szerotonin, a noradrenalin, az acetilkolin, a hisztamin és az orexin. Az altatórendszerek a hipotalamusz területén elhelyezkedő gátló magcsoportok, melyek akadályozzák az ébresztőrendszer működését. Az ébresztőrendszerek kikapcsolását automatikusan követi a talamusz és agykéreg saját lassú hullámú aktivitásának kialakulása.

A paradox vagy REM alvás

Miért paradox ez az alvásfázis? Az első legkülönösebb paradoxon, hogy REM alvás során az agyi EEG aktivitás megkülönböztethetetlen az éberléti aktivitástól, a test mégis alszik minden

izomtónusát elvesztve (Ez utóbbi szerencse, mert így nem játsszuk el vad álmainkat). Egy másik paradoxon, hogy hőháztartásunk kikapcsol, testünk elkezd felvenni a környezet hőmérsékletét, mint egy hüllőé. Mi történik ilyenkor? Érdekes módon a sok agytörzsi aktiváló rendszer közül egy aktivitásba jön (az acetilkolin). Ez kibillenti a talamuszt és az agykéregt a lassú oszcillációból, ám mégsem elegendő ahhoz, hogy tudatos, viselkedő lény váljon belőlünk. Tulajdonképpen egy különös fél alvó, fél éber állapotba jutunk, ahol (és ez a harmadik paradox jelenség) bizarr vizuális hallucinációk, álmok, jelentkeznek.

A lassú hullámú aktivitáshoz képest viszonylag keveset tudunk a REM alvásról. A REM alvás direkt kapcsolatát a memória folyamatokkal újabban többen kétségbe vonták. A REM alvás során mért agyi aktivitás, illetve az álmok intenzív érzelmi tartalma miatt felvetődött, hogy a REM alvás során a nap során érzelmi életünket ért behatások rendeződnek, hasonlóan a non-REM alvás során az egyéb tanult információkhoz.

Összefoglalás

Az alvás elengedhetetlen létszükséglet minden aktív életet élő lény számára. A rendkívül precízen szabályozott alvásfolyamatok arra engednek következtetni, hogy az evolúció során az alvás (egy? több?) jól meghatározható funkció betöltésére alakult ki. A jelenleg legelfogadottabb elképzelés szerint az alvás során az ébrenlét során begyűjtött információk rendezése történik. Az alvás során jelentkező szabályos ritmikus agyi aktivitás feltehetőleg olyan környezetet teremt, ami lehetővé teszi a fontos információk tartós rögzítését és a nem lényegesek kitörlését. Az alváásra jellemző agyi aktivitást a kéreg alatti területeken lévő altató/ébresztő központok hatására a talamokortikális rendszer alakítja ki. Az alvást rendkívül komplikált több fázisból álló struktúra jellemzi, feltehetően minden alvásszakasz meghatározott funkció jellemzi. Fontos megjegyezni, hogy semmilyen altató gyógyszer nem képes ezt a bonyolult mintázatot visszaadni, tehát ezek használata mindenképp csak korlátozott ideig javasolt.

TOBÁBBI FORRÁSOK A TÉMÁBAN

Előadás az alvásról:

<http://mindentudas.hu/elodasok-cikkek/item/2517-%E2%80%9E%C3%A1lm%C3%A1ban-cs%C3%B6nget%E2%80%9D?-%E2%80%93-az-agy-m%C5%B1k%C3%B6d%C3%A9se-alv%C3%A1s-k%C3%B6zben.html>

Magazinműsor az alvásról:

<http://mindentudas.hu/riportfilm/item/2806-acs%C3%A1dy-magazinm%C5%B1sor.html>

Kerekasztal beszélgetés az alvásról:

<http://mindentudas.hu/kerekasztalok/item/2618-alv%C3%A1s-%C3%A9s-tudat-az-alv%C3%B3-%C3%A9n.html>