

# HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.  
3. évfolyam 2. szám

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Pirooska, BÓDIZS Róbert

## AZ ALVÓ AGY EGYEDSPECIFIKUS VONATKOZÁSAI AZ INTELLIGENCIA ÉS AZ ALVÓ AGY

### THE INTELLIGENCE AND THE SLEEPING BRAIN

Jelen tanulmány a kognitív képességek és az agy alvás közben feltárulkozó összefüggéseivel foglalkozik. Célunk bemutatni a témában összegyűlt fontosabb felfedezéseket és újításokat, különös tekintettel az alvási orsózás és intelligencia kapcsolatára.

Az alvási EEG (elektro-enkefalográfia) orsószerű képletei ujjenyomatszerűen jellemzik az egyént, mely jelenség főként a NREM alvás 2. stádiumában észlehető. Az alvási orsó egyedspecifikussága révén kapcsolatban állhat egyéb kognitív területekkel, mint például a tanulás különböző fajtáival, a memória konszolidációjával és az intelligenciával. Bemutatjuk a SE Magatartástudományi Intézetében működő alváskutató csoport alvás EEG-t feltáró munkáját és eredményeit, melyeket az intelligencia és az alvási orsózás relációjában kapott, és amely eredmények rávilágíthatnak az intelligencia viselkedéses és személyiségbeli változóra.

The present study deals with the correlations between cognitive abilities and brain's electric activity during sleep. Recent evidences suggest that specific sleep electroencephalogram oscillations are related to wakeful cognitive performances. We aim to present the most important findings in this field, as well as to show the possible connections between sleep specific oscillations and intelligence, learning abilities and memory consolidation. We highlight the results attained by our research group in Semmelweis University in connection with general mental abilities, intelligence and their behavioural correlates in association with sleep spindles.

#### BEVEZETÉS

Az előző részben részletesen olvashattunk az alvási EEG különleges képződményeiről, az alvási orsóról és azok egyedspecifikus, „ujjenyomatszerű” voltáról. Bemutattuk, hogyan függhet össze e jelenség a kognitív funkciókkal, a szinaptikus plaszticitással és az intelligenciával. Ebben a részben részletesen beszámolunk róla, milyen eredmények születtek eddig az alvási orsózás és az intelligencia kapcsolatának kutatásából, melyben a Semmelweis Egyetem magyar kutatói az élen járnak.

Tudjuk, hogy a régi időkben is léteztek elképzelések a magatartásbeli jelenségek és az alvás mennyiségének, hosszának, idejének, minőségének kapcsolatáról, de a kutatások csak az elektroenkefalográfia felfedezése után indulhattak meg igazán. A technikai felfedezések ellenére azonban az alvási EEG pszichológiai összefüggéseiről nagyon keveset tudunk ma is.

A Semmelweis Egyetem Magatartástudományi Intézet alváslaboratóriumában működő kutatócsoport behatóan és eredményesen foglalkozik az alvási EEG és annak egyes pszichológiai és kognitív korrelátumának kutatásával. A laborban többek között a zenével, az intelligenciával és az álmokkal is végeznek vizsgálatokat. Az alvási EEG vizsgálat esetében az önkéntes alvók fejükön az EEG elektródákkal két éjszakát töltenek a laborban (1. ábra), emellett pszichológiai és kognitív tesztek is kitöltenek. Az alábbiakban elsőként bemutatjuk az ebben a témában fontos, úttörő kutatások eredményeit, majd az alvási EEG egy, a talamusz és a kéreg közreműködésével létrejövő jelenségét, az alvási orsót, és an-

## HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.  
3. évfolyam 2. szám

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Piroska, BÓDIZS Róbert

nak az intelligenciával való kapcsolatáról szóló kutatási eredményeket. Az alvási orsók azért érdemelnek kiemelt figyelmet ebben a témában, mert az alvási EEG hullámaiból különböző elemzések segítségével egészen egyéni mintázat de-kódolható. Ennek az egyéni mintázatnak az egyik legfontosabb eleme az alvási orsó, ami nagymértékben hozzájárul a „spektrális ujjlenyomatunk” vagyis az egyedi, megismételhetetlen alvás-EEG jegyünk felépítéséhez (Tan és mtsi., 2000; DeGennaro, és mtsi., 2008).

Mit árulhat el alvó agyunk intelligenciánkról? Hogyan vetődhet fel ilyen összefüggés?

## AZ INTELLIGENCIA

Az intelligencia mentális képességeink leírására használt tág értelmű kifejezés, mely számos különböző jelentést hordozhat. A szűkebb értelemben vett pszichometrikus intelligencia a mentális (vagy IQ) teszteken elért eredményt jelenti, amely felnőtteknél azt adja meg, hogy a személy milyen eredményt ért el az adott népesség átlagához viszonyítva az adott tesztben.

Az IQ mérése a Stanford–Binet–teszttel kezdődött, amit 1905-ben hoztak létre diákok részére. A tesztek eredményeinek változatosságát a Spearman-i iskola kétfaktoros elmélete egy általános értelmi képesség feltételezésével, míg Thurstone (id. Pléh, 2003) és követői számos különálló képességgel írták le. A változatosságot legjobban leíró hierarchikus modell az általános faktort és a speciális képességeket egyaránt elfogadja. Galton nyomán a brit iskola hívei szerint az intelligencia egyéni különbségei az idegrendszer jellegzetességeire (vezetési sebesség, a jelátvitel pontossága) vezethetők vissza, míg mások ezt a tudás, illetve összetett kognitív folyamatok (pl. végrehajtó funkciók, figyelem) eltéréseivel magyarázzák. Az intelligencia-tesztek viszonylag pontosan képesek előrejelteni az iskolai eredményességet és a munkahelyi alkalmasságot. A kutatási adatok fényben ma 50% -ra becsülik az intelligencia örökletességét.

Az intelligencia értelmezésében léteznek másfajta, tágabb megközelítések, melyek között akadnak olyanok, amelyek az intelligenciát az újdonságra való nyitottság, az új gondolkodási paradigmák befogadása és azok hasznosítása szempontjából közelítik meg. Ilyen például Sternberg (1981) intelligencia-értelmezése, miszerint az intelligencia része az érdeklődés, a kutatás új fogalmi és gondolkodási rendszerek után, majd azok felfedezése, elsajátítása és analógiás felhasználása régi problémák megoldására.

Az agy élettani működése szempontjából figyelmet érdemel az intelligencia neurális hálózatának hatékonyság elmélete, amely szerint a kognitív teljesítmény háttérében az agy egy általános tulajdonsága, legvalószínűbben a kérgi neurális összeköttetések hatékonysága áll (Anderson, 1995; Fogel, 2007). Az alvási orsózás és az intelligencia kapcsolata szempontjából különösen fontos lesz ezen elmélet, hiszen az orsók kialakulásának fontos feltétele a kérgi lassú oszcilláció szinkronizáló hatása.

Az emberiség 68,26 százaléka a 85 és 115 pont közötti átlagosnak nevezett intervallumba esik. 85 pont alatt gyenge értelmi képességűekről beszélünk. 115 ponttól 135 pontig átlag feletti tehetségről, 140 pont felett nagyon kivételes tehetségről beszélünk (2. ábra).

A megtartott mentális képességek háttérében talált legfőbb tényezők (Schaie, 1996):

- rugalmas személyiség kialakítása az életút középső szakaszáig
- kardio-vaszkuláris vagy más krónikus betegségek hiánya
- a magas társadalmi osztály által kedvelt környezetben lévő lakhely
- intellektuálisan ösztönző, komplex környezet
- magas mentális képességű társsal való együttélés
- az agy gyors feldolgozási sebességének fenntartása
- az élettel való megelégedettség középkorban és azután

30 éves kor után mentális képességeink csökkennek, ezt a mentális képességek általános faktora, a *g* faktor okozza, ennek háttérben pedig a mentális feldolgozás sebességének csökkenése áll (Salthouse, 1996 id. Schaie, 1996). Ha a mentális tesztek eredményeinek egyéni különbségeiből statisztikai eljárások segítségével kivesszük a mentális sebesség hatását, akkor a fiatalok és az idősek közti különbségek gyakorlatilag eltűnnek.

#### AZ ALVÁSI ORSÓZÁS JELENTŐSÉGE A MEMÓRIAFOLYAMATOKBAN ÉS AZ INTELLIGENCIAHÁNYADOS ALAKULÁSÁBAN

Az alvás stádiumai és a kognitív teljesítmény kutatása napjainkban az érdeklődés középpontjába került. Köszönhető ez azon felfedezéseknek, melyek szerint az alvás közben zavartalanul mérhető agyi hálózati oszcillációk az agyműködés esszenciális összetevői (Bódizs, 2005). Ezek között kutatják a kérgi lassú oszcilláció (< 1 Hz), a delta aktivitás (1–4 Hz) és az alvási orsók (12–15 Hz), mint a NREM alvásban jelenlevő jellemző oszcillációs formák egyénre jellemző karakterisztikumait. Ezen kutatások egyik fő árama foglalkozik a nappali tanulást követően jelentkező változásokkal alvási oszcillációkban, és főleg az emlékezeti rögzülésben játszott szerepekre fókuszál (Id.: Schabus, 2008; Gais, Molle, 2002; Peters, 2008). Más részről pedig jelentős megfigyelések utalnak arra is, hogy az orsózásban mutatkozó egyéni különbségek kapcsolatban állnak a kognitív képességekkel (Bódizs, 2005, 2007; Berner, 2006; Fogel, 2007). Ezen utóbbi kutatások, melyek az egyéni különbségekre fókuszálnak, kiemelten kezelik azon személyenkénti stabil jellemzőket az alvási oszcillációkban, melyek vonásszerűen állandóak és egyéni azonosításra adnak lehetőséget.

A tanulást követően létrejövő memóriakonzolidációs vizsgálatok közül Gais, Molle, (2002) eredménye érdekes, mely szerint az alvás 2. stádiumában megfigyelhető (S2) alvási orsózás deklaratív tanulást követően szignifikánsan megnövekedett, a hasonló kognitív megterhelést kapó, de nem tanulási feladatot ellátó kontroll csoporthoz képest. Fogel és mtsi. (2006) egyszerű motoros feladat hatását vizsgálták az alvási orsózásra. Azt találták, hogy a feladat elsajátítása fokozta az orsó gyakoriságot, amelynek növekedése ráadásul pozitív kapcsolatban állt az elsajátítás mértékével, és a feladat teljesítésében mutatott fejlődéssel együtt nőtt a 2. alvástárium hossza is. Hasonló összefüggéseket találtak Peters és mtsi. (2008) is az egyszerű motoros feladatot követő memóriakonzolidáció mértéke és az alvási orsók gyakorisága között. A mostanra összegyűlt bizonyítékok mind arra mutatnak, hogy az alvási orsózás és a deklaratív memória éjszakai konzolidációja között pozitív korreláció van (Schabus, 2004; Clemens, Fabó és Halász, 2005).

A stabil tulajdonságokra fókuszáló kutatások közül jelentős megfigyelések vonatkoznak az alvási orsózás egyéni szintjének különböző mutatói és az intelligencia közti kapcsolatra. Az alvás 2. stádiumában a frontális területek fölött mért percenkénti orsó-gyakoriság és a Raven Progresszív Mátrix Tesztben nyújtott teljesítmény közötti pozitív korreláció az egyik ilyen eredmény (Bódizs, 2005). Fogel és mtsi. (2007) az orsók gyakorisága és a MAB-II (Multiple Aptitude Battery) intelligenciateszt összefüggéseit vizsgálták. A 2. stádiumú alvásra vonatkoztatva az orsómutató pozitívan korrelált az intelligenciahányadossal és a performációs (cselekvéses) hányadossal (PQ), de nem függött össze a verbális teljesítménnyel (VQ). A legerősebb összefüggést az alvási orsózás és a képkiegészítés próba között találták. Vizuális-téri képességterületen a Rey-Osterrieth Komplex Ábra Teszten nyújtott felidézési teljesítmény és a 2. stádiumú alvásban a jobb parietális régió fölött mért gyors alvási orsók percenkénti gyakorisága között találtak összefüggést (Bódizs és mtsai, 2008).

Az alvás-EEG egyénspecifikus volta, stabilitása és egyes kognitív területekkel való vonásszerű összefüggése természetesen nem jelenti azt, hogy a napközbeni hatások nem befolyásolják a kérdéses mutatókat, sőt léteznek kutatások, melyek mindkét nézőpontot magukban foglalják.

Schabus és mts-ai (2004 id. Berner és mtsi, 2006) demonstrálták, hogy a vizsgálati személyek közül azok, akiknek meg sokasodtak az alvási orsók a tanulási feladat után, azok mutattak az éjszaka folyamán fejlődést a teljesítményükben deklaratív memória terén. Schabus 2006-ban a lassú (<13 Hz) és a gyors (> 13 Hz) S2 alvási orsók összefüggéseit vizs-

## HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.  
3. évfolyam 2. szám

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Piroska, BÓDIZS Róbert

gálta a Raven-féle intelligencia teszttel és a Wechsler intelligencia teszttel. Eredményei szerint az S2 fázisban detektált orsók száma pozitívan függött össze az S2 alvás időtartamával (perc) a tanulási és a kontroll helyzetben egyaránt. A kutatók robusztus összefüggéseket találtak mind a lassú, mind pedig a gyors alvási orsózás és a kognitív és emlékezeti képességek között, függetlenül attól, hogy tanulási feladat vagy kontroll feladat előzte-e meg az alvást. Meglepő módon tehát nem találtak megnövekedett orsóaktivitást a tanulási helyzetben a kontrollhoz viszonyítva, amit azzal magyaráznak, hogy a megnövekedett orsóaktivitás specifikusan az alvás előtt sikeresen memorizáló alanyokra jellemző, tehát általánosan jobb képességhez kötött. A vizsgálat pontosított verziója során (2008) kiderült, hogy léteznek egyéni különbségek is és jelen vannak a tanulás nyomán fellelhető változások is, utóbbiak összefüggnek a tanulás mérhető hatékonyságával. Ezek a változások azonban jóval kisebb léptékűek, mint az egyéni variabilitás, amely a vizsgálat bármely szakaszában meghatározó és jellemző az egyénre. A kétféle jelenség tehát érvényes, de mérés szempontjából külön kell választanunk őket (Schabus, 2008).

A fentiek nyomán kevés kétség marad afelől, hogy az alvásfüggő oszcillációk, különös tekintettel az alvási orsózásra, kapcsolatban állnak bizonyos kognitív mutatókkal, az intelligenciával vagy a memória-konzolidációval. Ezenkívül egyes szerzők szerint a kreativitásban és a találmányosságban is fontos szerepe van az alvás alatti agyi folyamatoknak (Wagner, 2004; id.:Schabus, 2008).

## INTELLIGENCIA, ALVÁSI ORSÓZÁS ÉS SZEMÉLYISÉG

A Semmelweis Egyetemen tevékenykedő kutatócsoportunk fent ismertetett feltáró munkájában fontos helyet foglal el az alvási orsózás egyénspecifikus voltának hangsúlyozása. Fontos eredményeket értünk el az intelligencia és az alvási orsózás kutatásában, mely összefüggésben a stabil, vonásszerű jelleget emeljük ki, ugyanakkor szem előtt tartva a tanulásifüggő változásokat is, amelyek a neurális rendszer plaszticitását tükrözik. Kutatócsoportunk (Bódizs és mtsi., 2005) szoros kapcsolatot talált a gyors alvási orsók és a nonverbális intelligencia (Raven Progresszív Mátrixok Teszt) között (3. ábra). Ezen összefüggést a prefrontális régió fölött regisztráltuk, ami az intelligencia feltételezett lokalizációjával egybees, hiszen azt a prefrontális kéreg funkcionális és strukturális jellemzőivel hozzák összefüggésbe. Ez az eredmény a kérgi lokalizáció alvási orsózáson alapuló megközelítésének lehetőségét veti fel. Másik fontos eredményünk a nonverbális intelligencia területén, a már említett Rey-Osterrieth Komplex Ábra Tesztben elért pontszámok és a jobb parietális régió fölött regisztrált gyors orsó gyakoriság összefüggése (4. ábra) (Bódizs és mtsi., 2008), amely az említett lokalizációs elméletet is megerősíti, hiszen a kutatók a vizuális-téri emlékezeti teljesítményt a jobb parietális lebeny működésével hozzák összefüggésbe (Moscovitch, 1995).

Legújabb kutatásaink az intelligencia viselkedéses korrelátumait és ezek lehetséges megjelenését vizsgálják az alvási EEG-ben. Az intelligencia egy alternatív elmélete szerint ezen képesség alapja az új gondolkodási paradigmák keresése, megértése és használata analógiás módon régebbi problémák megoldására (Sternberg, 1981). Az elmélet szerint az új távlatok, megoldások keresése és az azokban való analógiás gondolkodás tehát olyan tulajdonság, mely az intelligencia bázisa. Ezzel szorosan összefügg a Cloinger által kidolgozott TCI (Temperamentum és Karakter Kérdőív) Újdonságkeresés dimenziója, mely egy olyan leginkább velünk született temperamentum-vonást takar, amely magában foglalja az újdonságok keresését, a felfedezéssel járó izgalmat. Ez a tulajdonság tehát tartalmazza azt a viselkedést, amely az elmélet szerint az intelligencia alapja. Eredményeink szerint mindkét jellemző, az intelligencia és az újdonságkeresés is összefügg az alvási orsózással, mégpedig pozitív irányban. Tehát minél inkább intelligens illetve újdonságkereső egy személy, annál több a gyors orsója.

A fenti eredmények felvetik annak lehetőségét, hogy a személyiség és az intellektuális képességek közvetlenül hatnak egymásra. A csecsemőkutatások eredményei alátámasztják ezt a felvetést, hiszen bebizonyosodott, hogy az ingerkereső magatartás csecsemőkorban jobb későbbi iskolai és intelligenciatesztbeli eredményeket vetít előre (Raine, 2002).

## HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.  
3. évfolyam 2. szám

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Piroska, BÓDIZS Róbert

Azt már korábban láthattuk (ld. Johnson, 1999), hogy a személyiség nyitottsága és tanulásra való motiváltsága szerepet játszik a katonai sikerek elérésében. Az újdonságkeresést hasonló temperamentum vonásnak tartjuk, az újdonságkereső viselkedés ráadásul az intelligencia alapját is képezheti, amely tulajdonságokat az alvási EEG egyéni különbségeinek tükrében vizsgálva a személyiség és intellektus egy átfogó képét kaphatjuk.

Így a személyiség és a kognitív képességek integrált mérése válhat lehetővé az alvási EEG finomelemzése által, ami a hadtudományi kutatások területén is úttörő irányvonal lehet.

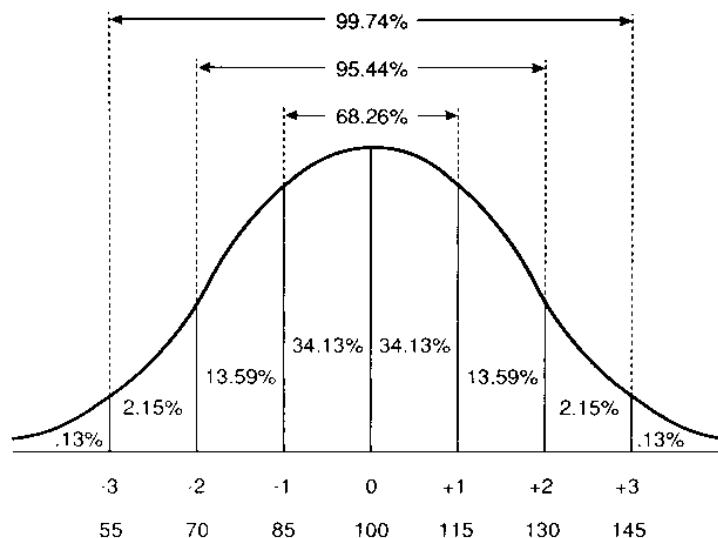
## ÖSSZEFOGLALÓ

Az alvási EEG és az intelligencia fent ismertetett összefüggései arra engednek következtetni, hogy az alvási orsózás több más, viszonylag stabil és mérhető személyes tulajdonsággal is mutat összefüggést, mint például a személyiséggel és az intelligenciával. Eddigi eredményeink alapján következtethetünk arra, hogy a személyiség viselkedéses megnyilvánulásai és az intelligencia között szoros összefüggés húzódik, és hogy ezen tulajdonságok integrált megragadását az egyéni különbségek kiemelésével az alvási EEG finomelemzése lehetővé teheti.

Az intelligenciával kapott eredmények újabb megerősítői annak, hogy az alvási orsózás nem csak az azonosítás és az alkalmasság vizsgálatok korszerű eszközévé, de a tudományos hadviselés új irányvonalává is válhat.



1. ábra: Önkéntes alvó az alváslaboratóriumban

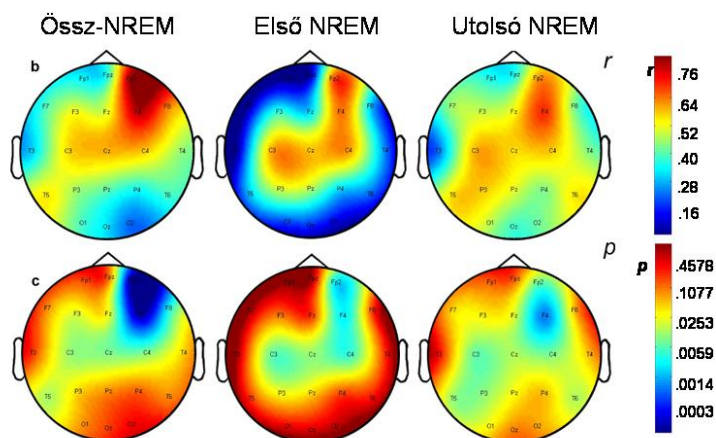
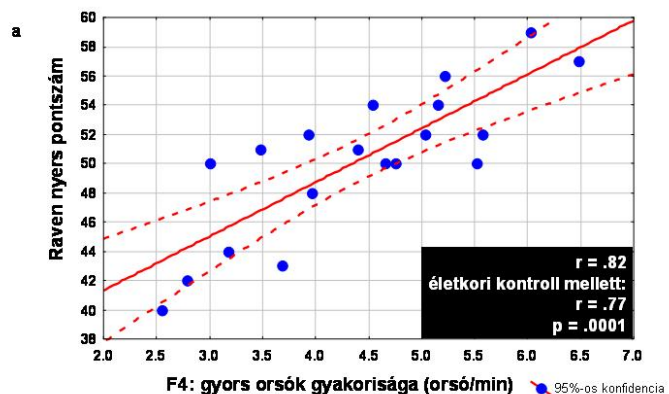


2. ábra: az intelligencia eloszlása a népességben. (Czeizel, 2004)

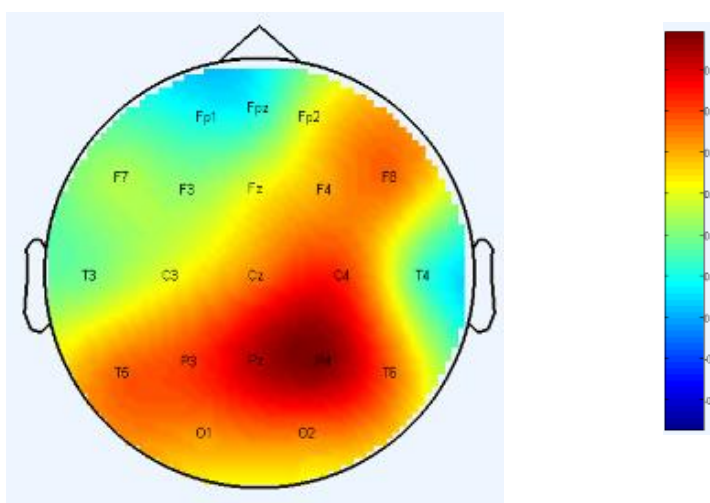
## HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.  
3. évfolyam 2. szám

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Piroska, BÓDIZS Róbert



3. ábra: A Raven teszttel mért intelligencia és a gyors orsók prefrontális régióban mért percenkénti gyakorisága közötti pozitív összefüggés és annak topografikus ábrázolása a NREM fázisok átlagában, valamint külön az első és az utolsó alvásciklus NREM fázisában. (Bódizs, 2005 nyomán)



4. ábra: A téri- vizuális memória és a jobb parietális területen mért gyors orsó gyakoriság pozitív összefüggése (Bódizs, 2008 nyomán).

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Piroska, BÓDIZS Róbert

*Kulcsszavak: alvás, EEG, alvási orsó, intelligencia**Keywords: sleep, EEG, sleep spindle, intelligence*

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Anderson, B. (1995): G explained. *Med. Hypotheses*, 45: 602–604.
- Berner, I., Schabus, M., Wienerroither, T., Klimesch, W. (2006): The Significance of Sigma Neurofeedback Training on Sleep Spindles and Aspects of Declarative Memory, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol.31, No.2
- Bódizs R. (2006): Megragadható-e a személyiség és az intellektus a frontális alvás-EEG finomelemzése által? In: Halász P (szerk.) *Frontális lebeny mint a neurológia és a pszichiátria közös területe*. Budapest: Melinda kiadó, 91-102.
- Bódizs, R., Lázár AS, Rigó P (2008): Correlation of visuospatial memory ability with right parietal EEG spindling during sleep, *Acta Physiologica Hungarica*, Volume 95 (3), pp. 297–306.
- Bódizs, R., Kis, T., Lazar, A. S., Havran, L., Rigo, P., Clemens, Z., & Halasz, P. (2005): Prediction of general mental ability based on neural oscillation measures of sleep. *Journal of Sleep Research*, 14, 285–292.
- Cemens, Z., Fabo, D., Halász, P. (2005): Overnight verbal memory retention correlates with the number of sleep spindles. *Neuroscience*, 132, 529-535.
- DeGennaro, L., Marzano C., Fratello F. (2008): The Electroencephalographic Fingerprint of Sleep Is Genetically Determined: A Twin Study, *Annals of Neurology*, vol. 64, 455–460.
- Fogel, S.M., Nader, R., Cote K.A., Smith, C.T (2007): Sleep Spindles and Learning Potential, *Behavioral Neuroscience*, Vol.121, No.1, 1-10.
- Fogel S.M., Smith C. (2006): Learning-dependent changes in sleep spindles and Stage2 sleep, *J.SleepRes.* 15, 250-255.
- Gais, S., Mölle, M., Helms, K., Born, J. (2002): Learning-dependent increases in sleep spindle density. *Journal of Neuroscience*, 22, 6830–6834.
- [Johnson, W. B.](#) (1999): Personality characteristics of future military leaders, [Military Medicine](#), 12
- Kéri Sz., Gulyás B., (2003): Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományokban. In: Pléh Cs., Kovács Gy., Gulyás B (szerk.): *Kognitív Idegtudomány*, Osiris kiadó, Budapest, 81-97.
- Moscovitch, C., Kapur, S., Kohler, S., Houle, S. (1995) Distinct neural correlates of visual long-term memory for spatial location and object identity: a positron emission tomography study in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92, 3721–3725
- Peters K., Ray, L., Smith, V., Smith, C., (2008): Changes in the density of stage2 sleep spindles following motor learning in young and older adults, *J.SleepRes.*17, 23-33.
- Raine, A., Reynolds, C., Mednick, A S., Venables H., P. (2002): Stimulation Seeking and Intelligence: A Prospective Longitudinal Study, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 82, No. 4, 663–674.
- Sándor P., Német O., Lázár A. S., Rigó P., Gémes K., Bódizs R. (2010): Újdonságkeresés és intelligencia az alvási orsózás egyéni különbségeinek tükrében, *Psychiatria Hungarica, Supplementum, A MPT VII. Nemzeti Kongresszusának előadáskivonatai*.

## HADTUDOMÁNYI SZEMLE

Budapest, 2010.  
3. évfolyam 2. szám

NÉMET Orsolya, SÁNDOR Piroska, BÓDIZS Róbert

- Schabus, M., Hoedlmoser, K., Gruber, G., Sauter, C., Anderer, P., Klösch, G., Parapatics, S., Saletu, B., Klimesch, W., Zeitlhofer, J. (2006): Sleepspindle-related activity in the human EEG and its relation to general cognitive and learning abilities, *European Journal of Neuroscience*, Vol. 23, pp. 1738-1746.
- Schabus, M., Hoedlmoser, K., Pecherstorfer, T., Anderer, P., Gruber, G., Parapatics, S., Sauter, C., Kloesch, G., Klimesch, W., Saletu, B., Zeitlhofer, J. (2008): Interindividual sleep spindle differences and their relation to learning-related enhancements, *Brain Research*, 1191, 127-135.
- Sternberg, J.S. (1981): Novelty-Seeking, Novelty-Finding, and the Developmental Continuity of Intelligence, *Intelligence*, 5, 149-155.