

STEFANCSIK GERGELY<sup>1</sup>, EMRI ZSUZSA<sup>2</sup>

## EEG-AKTIVITÁS JELLEMZÉSE KÜLÖNBÖZŐ MÉRTÉKŰ ÉS JELLEGŰ FIGYELMET IGÉNYLŐ FELADATOK VÉGZÉSEKOR

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar  
MSc hallgató. 6720 Szeged, Aradi vértanúk tere 1.

<sup>2</sup>Eszterházy Károly Egyetem, TTK Biológiai Intézet, Állattani Tanszék,  
3300 Eger, Leányka u. 6.

### Összefoglaló

A neuropedagógia kialakulásával megjelent a pedagógiának egy olyan irányzata, amely az oktatási folyamatok tervezésénél biológiai mérésekre, többek között az elektroencefalográfiára (EEG) támaszkodik. Kísérletünkben 14 csatornás, vezeték nélküli EEG-készüléket használtunk, és összehasonlítottuk a különböző kognitív igénybevételt jelentő feladatok alatti alfa-aktivitást. A vizsgálatban résztvevő 15 egyetemista EEG-jét zenehallgatás (nyitott és csukott szemmel), illetve szövegolvasás közben rögzítettük. Összehasonlítva az egyes aktivitások alatti EEG-spektrogramokat megállapíthattuk, hogy a szem becsukása szignifikánsan növelte az alfa-aktivitás mértékét a nyitott szemű feladatokhoz képest, de a nyitott szemű feladatok nem különböztek egymástól. Bár behunyt szemmel mindenkinél nőtt az alfa-aktivitás, 4 esetben a spektrogramon nem jelent meg világosan elkülöníthető alfa csúcs. Nyitott szemű zenehallgatás alatti alfa-aktivitás nem függött attól, hogy mennyire érezte a kísérleti alany nyugtató hatásúnak a zenét. Az olvasás alatti alfa-aktivitás mértéke nem korrelált a szöveghez kapcsolódó kérdésekre adott válaszok helyességével, az olvasás hosszával vagy azzal, hogy a kísérleti alany érdekesnek találta-e a szöveget.

Méréseink alapján az Emotiv Epc készülékkel regisztrált EEG-ben populáció szinten a csukott szemű alfa-aktivitás növekedés elkülöníthető, de a nagymértékű egyéni különbségek elfedik a koncentráció változását jelző ingadozásokat.

**Kulcsszavak:** Elektroencefalográfia, neuropedagógia, alfa-hullám

**Elfogadva:** 2020. 03. 31.

**Elektronikusan megjelent:** 2020.

STEFANCSIK GERGELY<sup>1</sup>, EMRI ZSUZSA<sup>2</sup>

---

## EEG ACTIVITY DURING TASKS REQUIRING DIFFERENT LEVELS OF ATTENTION

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar  
MSc hallgató. 6720 Szeged, Aradi vértanúk tere 1.

<sup>2</sup>Eszterházy Károly Egyetem, TTK Biológiai Intézet, Állattani Tanszék,  
3300 Eger, Leányka u. 6.

### Abstract

*Educational neuroscience*, an emerging scientific field, is aimed to investigate the mechanism of learning, by using the data of different physiological measurements. In our experiment we studied the changes in alpha activity during different cognitive tasks. We recorded the EEG activity by a portable 14 channel EEG while subjects listened to music with eyes open or closed and when they read a text. Comparing the spectrograms of the recorded EEG activity we found that closing the eyes significantly increased EEG alpha activity. In that stage a clear alpha peak appeared in the FFT spectrum, in the majority of the subjects except 4 of them. Alpha power during listening to music varied and it was independent from the belief of subjects how relaxed they were. EEG alpha power during reading did not differ from the alpha power recorded during the listening to music, and did not correlate with concentration (expressed as the number of the correct answers about the contents of the text), the length of the reading, or engagement (whether subjects found the text interesting or boring).

Our experiment demonstrated that the increase in alpha power when the eyes closed can be identified in population level but the differences in alpha activity among subjects make impossible to detect the smaller changes occurring with the level of attention or engagement.

**Keywords:** *Electroencephalography, educational neuroscience, alpha-wave*

**Accepted:** 31.03.2020.

**Published online:** 2020.

## Bevezetés

A figyelem azon képességünk, mellyel percepció és motoros rendszereinket a mindig változó viselkedési céljainkhoz, pillanatnyi cselekvésünkhöz adaptáljuk (VIDNYÁNSZKY, 2003).

A gyors, hatékony cselekvés elengedhetetlen feltétele, hogy válogassunk a minket érő szenzoros ingerekből, csak a számunkra fontosnak tűnőket dolgozzuk fel, és csak a legcélravezetőbb motoros választ hajtsuk végre. Ennek egyszerűen az az oka, hogy a rendelkezésre álló szenzoros és motoros erőforrásaink korlátozottak. A retinára érkező vizuális információnak csak egy részét tudjuk feldolgozni, a válogatás során néhány fontos elemre koncentrálnunk. A szelektálás miatt az irrelevánsnak tűnő információra kevesebb erőforrás marad (Desimone és Duncan, 1995), illetve a zavaró információk elnyomása hozzátartozik a megfelelő információfeldolgozáshoz. A figyelem az idegrendszer szintjén a zavaró információval foglalkozó területek gátlását, és a releváns ingerekkel foglalkozók aktiválódását jelenti, melyet regisztrálhatunk például elektroencefalogram (EEG) formájában (WÖSTMANN és mtsai., 2019).

## ***Az elektroencefalogram – a jövő eszköze***

Az elektroencefalogram (EEG) nagy előnye, hogy olyan vizsgálómódszer, amely nem invazív, költségkímélő és jó időbeli felbontással bír. Lehetővé teszi az idegsejtcsoportok működésének valós idejű követését (Buzsáki, 2003). Neurológiai, pszichiátriai vizsgálatokon kívül is egyre több területen használják, például ember-gép interakciók kialakításához, irányított tanuláshoz vagy éberségi szint követéséhez (Henz és Schöllhorn, 2017). A nemrég megjelent vezeték nélküli, olcsó és könnyen kezelhető változatok pedig a felhasználási spektrum nagymértékű bővülését teszik lehetővé (MASKELIUNAS és mtsai. 2016).

Az EEG-mérésnél azt a néhány  $\mu\text{V}$ -os feszültségkülönbséget regisztráljuk, amely a piramisidő dendritjei és szómája között alakul ki. Az akciós potenciál az EEG-jelben nem látszik, csak egy jóval lassúbb, az extracelluláris folyadékterre is ráterjedő potenciálváltozás, amely a szinaptikus aktivitás következtében alakul ki. Az EEG hullámaiban a koponyafelszín görbületére merőleges orientációjú piramisidők aktivitása tükröződik, ilyen helyzetű piramisidők a gyrusok konvexitásán találhatóak, a sulcusokban fekvő piramisidők aktivitása az EEG-ben nem látszik. A hajszálbőrre helyezett elektród számára látható jel akkor keletkezik, hogyha több száz neuron működik hasonlóan (Fonyó, 2011). Különböző tényezők hatnak az EEG-aktivitásra, például ébrenléti állapot, nem, életkor, és az egyes neurológiai, illetve kognitív zavarok is jellegzetes EEG-elváltozásokat mutathatnak (SZIRMAI és KAMONDI, 2010).

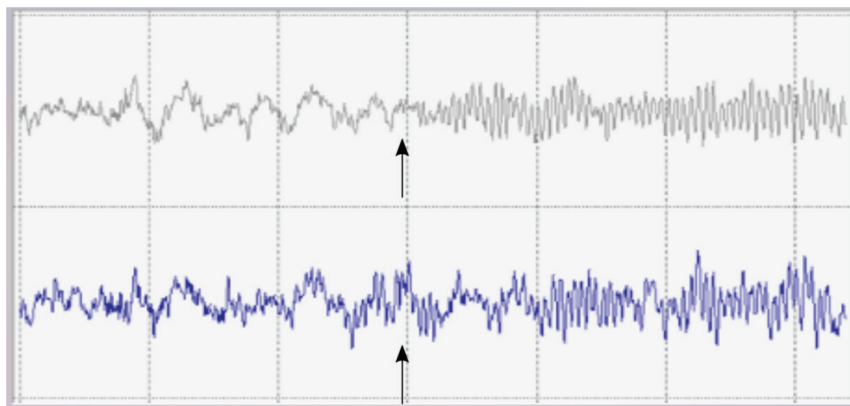
## Agyi ritmusok típusai

Az EEG-vel rögzített aktivitást annak amplitúdójával ( $\mu\text{V}$ -ban), illetve frekvenciájával (Hz-ben) jellemezhetjük. Az emberi koponyacsontól elvezetett elektromos potenciálok frekvenciájuk alapján 1–120 Hz-es, míg amplitúdójuk alapján 20–100  $\mu\text{V}$ -os tartományba esnek. A nagyobb amplitúdó nagyobb számú sejt egyidejű, szinkron tevékenységét jelenti. Az EEG-hullámok frekvencia és amplitúdó jellemzőik alapján osztályokba sorolhatók, melyeket a görög abc betűivel jelölnek (Fonyó, 2011).

Delta aktivitást felnőtteknél alapvetően mély, lassúhullámú alvás folyamán regisztrálhatunk, frekvenciatartománya 0,5–4 Hz, amplitúdója 100–200  $\mu\text{V}$ . Fiatalkori occipitális lassú hullámnak is nevezik (POSWY: posterior slow waves of youth), amely lányokban legkifejezettebben 9 éves korban jelentkezik, fiúkban kicsit később (Trischlerné, 2016). Ébren kevesebb mint 1%-a az EEG-aktivitásnak, felnőtteknél a túlzott mértékű delta aktivitás abnormalis, jelentkezhet neuropathia vagy valamilyen encefalopátia következtében (Hauck és mtsai., 2008). Ébrenlétben jelenléte a frontális lebenyhez köthető kognitív feladatok alatt, illetve térbeli navigációnál fordul elő (Wang, 2010).

A deltánál magasabb frekvenciájú a theta-aktivitás (4–7 Hz), amely amplitúdója kisebb mint 30 mV (Trischlerné, 2016). Felületes alvás alatt és REM-fázisban jelentkezik frontális és fronto-centrális területeken, olyan álmoknál, amelyekre ébredés után emlékezünk. Egy-hat éves korban ébrenlétben is jellemző, később a theta-aktivitást alfa-aktivitás váltja fel (Klimesch, 2012). A frontális területeken nő a theta-aktivitás mentális igénybevételnél, egyes érzelmi reakcióknál, koncentrációkor vagy hiperventillációnál. A theta-aktivitás az emléknymok konszolidációjához is kapcsolódik (Axmacher és mtsai., 2008).

Alfa-ritmusról 8–14 Hz-ig beszélhetünk. Felnőtteknél nyugalmi éber állapotban regisztrálható, valamint szenzoros információ visszaidézésekor, amplitúdója 30–50  $\mu\text{V}$ . Ha a vizsgált személy becsukja a szemét, az occipitális elektródon általában erőteljes alfa-aktivitást regisztrálhatunk (1. ábra).



1. ábra. Alfa-aktivitás kialakulása a szem becsukásakor.

A nyilak jelzik a szem becsukását. Nyitott szemmel mért kis amplitúdójú, gyors aktivitást a szem becsukásakor nagyobb amplitúdójú, alacsonyabb frekvenciájú, szabályos aktivitás váltja fel. Ezt az aktivitást első leírójáról Berger ritmusnak is nevezik.

Az alfa-ritmust Berger ritmusnak is hívjuk, az EEG és e ritmus első leírója, Hans Berger után (Fonyó, 2011). A relaxációs alfa-aktivitáson kívül létezik egy funkcionális alfa-aktivitás is, amely irányított figyelem kialakítását kíséri (Ketzer és mtsai, 2015, Klimesch, 2012). Alfa-aktivitást 3 éves kortól mérhetünk gyerekeken, végleges frekvenciáját 10 éves kor körül éri el (Gmehlin és mtsai., 2011, Klimesch, 2012).

A béta-ritmus 13–25 Hz-es, frekvenciája változó, irreguláris, általában kisebb mint 20  $\mu\text{V}$ , alkalmanként maximum 20–30  $\mu\text{V}$  amplitúdójú jel. Amplitúdója magasabb lehet álmoság, bizonyos központi idegrendszeri hatású szerek (például barbiturátok, benzodiazepinek) hatása esetén (Trischlerné, 2011). Éber állapotban, nyitott szemmel ezt tekintjük alapaktivitásnak, főleg a szenzoros és motoros integrációhoz köthető. Figyelem során dominánsan a frontális kéreg felett jelentkezik. Szoros összefüggésben áll a motoros viselkedéssel – aktív mozgáskor gátolódik általában (Jasper és Penfield, 1949).

Gamma-oszcillációk frekvenciája 30–80 Hz közötti, amplitúdója 10  $\mu\text{V}$ -nál alacsonyabb. Az agyi régiók közötti kommunikáció kialakításában fontos, egy adott feladat elvégzésében részt vevő területek szinkron gamma-aktivitást mutatnak (Bosman és mtsai., 2014).

A lambda-hullám elhelyezkedését tekintve occipitális lokalizációjú; monofázisos vagy bifázisos, maximuma elektropozitív. Amplitúdója rendszerint 50  $\mu\text{V}$ -nál kisebb. Tartama 100–200 msec. Olvasás, valamint vizuális mintázatok megfigyelése hívhatja elő. A normál populáció elektroencefalogramjának körülbelül az 50%-ában figyelhető meg (Trischlerné, 2016).

A digitális EEG-készülékek elterjedésével az elvezetett tartomány jelentősen bővült. A hagyományos készülékek papír regisztrátumain rögzített jeleknél felismerhető aktivitási formákon felül a digitális elvezetésekkel nagyon lassú (ultraslow) és a nagyon gyors (ultrafast) aktivitások is felismerhetőek. Gyors (100–1000 Hz) aktivitások vezetnek be az epilepsziás rohamokat, de normál EEG-ben is kimutathatók, a motoros tevékenységek tervezési szakaszában, illetve a különböző kognitív feladatok alatt. Jelenlétüket a gap junction-ökön keresztül megvalósuló gyors ionáramlások biztosíthatják (Niedermeyer, 2005).

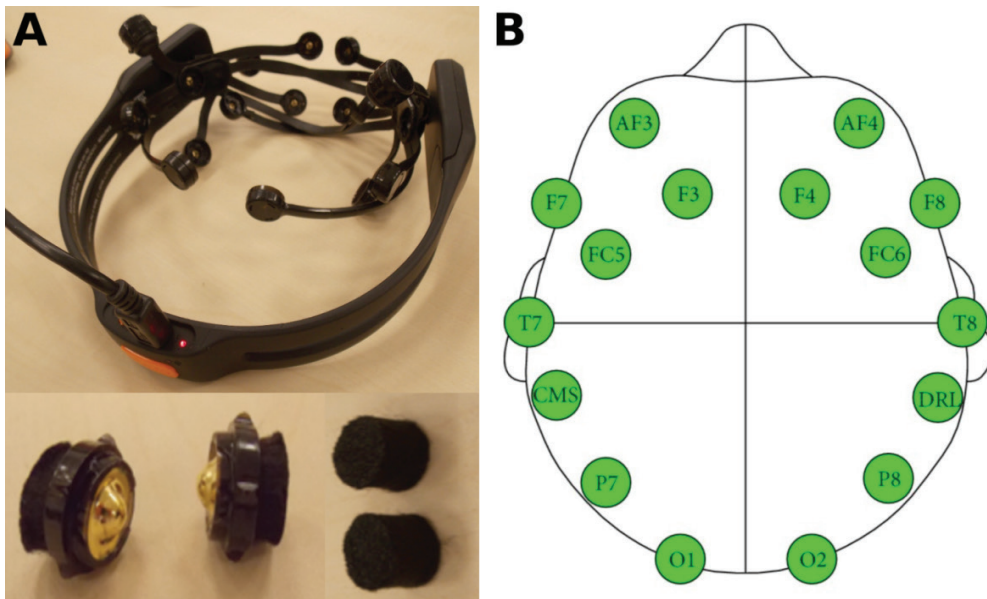
A nagyon lassú jelek (0–0.3Hz) pedig a figyelemfelkeltés és az arra adott választévékenység egységét fogják össze, ezen felül abszensz epilepsziában jelentkező 3Hz-es túskehullámok egy nagyon lassú oszcilláció negatív DC shifttel jellemezhető fázisában alakul ki (Chatrjian és mtsai., 1968).

## Anyag és módszer

Az Eszterházy Károly Egyetem Médiainformatika Tanszékével együttműködve végeztünk EEG-méréseket, egy egyszerűen kezelhető, hordozható és viszonylag olcsó, 14 csatornás készülékkel. Kíváncsiak voltunk arra, hogy egyes feladatok mennyire erőteljesen változtatják meg az EEG-jelet.

### Emotiv Epoc EEG készülék

Az Emotiv EPOC EEG-készülékkel ([www.emotiv.com](http://www.emotiv.com)) biztonsággal mérhető frekvenciatartomány 1–64 Hz-ig, az amplitúdó-intervallum 10–100  $\mu\text{V}$ -ig terjed, mintavételi frekvenciája 128 Hz. Tizennégy elektródájának elrendezése a nemzetközi 10-20-as rendszert követi (2. ábra).



2. ábra. Az Emotiv Epoc EEG-készülék felépítése és elektródapozíciói.

A) Emotiv Epoc EEG-készülék és elektródái. Az elektromos kontaktust fiziológiás sóoldattal átitatott szivacspárnákkal alakítjuk ki. A csatlakozók szivacs felé eső felszíne pedig AgCl-bevonattal van ellátva.

B) Az elektródapozíciók elnevezése a klinikai 10-20-as rendszer elektróda neveire utalnak, páratlan számok jelölik a bal oldalt és páros számok a jobb oldalt, F, T, P, O betűk a megfelelő kéregrészekre: frontális, temporális, parietális és occipitális utalnak. A fül mögötti két referencia elektród jelölése CMS és DRL (Wang és mtsai. 2014).

## A mérés menete

A mérést megelőzően alanyainkkal ismertettük a kísérlet menetét, tájékoztatást kaptak a készülékkel nyerhető EEG-regisztrátumok jellemzőiről és az adatelemzés módjáról. Az ismertetőt írásban is megkapták, és a tájékoztató után járultak hozzá a kísérlet elvégzéséhez. A méréshez csendes, nyugodt környezetet biztosítottunk. Egy mérés átlagos időtartama 20 perc volt, csukott szemű relaxáció, szövegolvasás és egyéb manuális vagy számolós feladatokat kellett ez alatt az idő alatt a kísérleti alanyoknak elvégezniük. A feladatsort egy laptopon Power Point-prezentáció formájában kapták meg, a relaxációs zenehallgatás 4 percgig tartott, nyugtató vagy inkább idegesítő zenét hallgattak a résztvevők, az olvasott szöveg pedig biológiai témájú volt, és ~400 szót (~3000 karakter) tartalmazott. A szöveges feladatoknál az egyes feladatok között a kísérleti személyek maguk váltottak. A kísérlet végén az olvasott szöveggel kapcsolatos kérdésorra kellett válaszolniuk, illetve kitöltöttek egy kérdőívet, amelyben értékelték teljesítményüket, nyilatkoztak a szöveg érdekességéről, nehézségéről, és arról, hogy milyennek találták a zenét, sikerült-e relaxálniuk alatta. Feljegyeztük azt is, hogy a kísérleti alanyok fáradtan vagy kipihenten érkeztek-e.

## Kiértékelés

Méréseinket követően a válaszlapokat értékeltük, a szöveg tartalmi részére adott válaszok helyességéből pedig százalékos teljesítményt számoltunk. Minden helyes válasz egyaránt egy pontot ért. Az EEG-regisztrátumokat Python (Python software foundation, 2.7.12) program 'scipy.signal' (0.17.0) és 'spectrum' (0.7.1) csomagok (COKELAER, 2012, 2017; JONES és mtsai., 2012, 2017) alkalmazásával elemeztük. A különböző műtermékeket a feladatvégzés elején és végén levágtuk, a feladatképzés közben jelentkező nagy amplitúdójú jeleket pedig visszavágtuk, a regisztrátumot beszorítottuk [-6, +6] amplitúdó intervallumba. Az alapvonal lassú ingadozásait 1 Hz-es felüláteresztő szűrő alkalmazásával szüntettük meg, és standardizáltuk 0 átlagra és azonos egységnyi szórásra. A spektrális elemzéshez 2 s hosszú Tukey ablakot használtunk 1 s-os átfedésekkel.

Ábrázoltuk az egyes feladatok alatti EEG Fourier spektrumát, illetve a spektrum időbeli változását is. Az alfa-aktivitást az alfa-indexszel jellemeztük, amely az alfa tartományra (8–12 Hz) illetve a bétáig tartó teljes tartományra (1–25 Hz) összegzett power-értékek aránya (Wang és mtsai, 2016). Az összehasonlításoknál Mann-Whitney-tesztet használtunk.

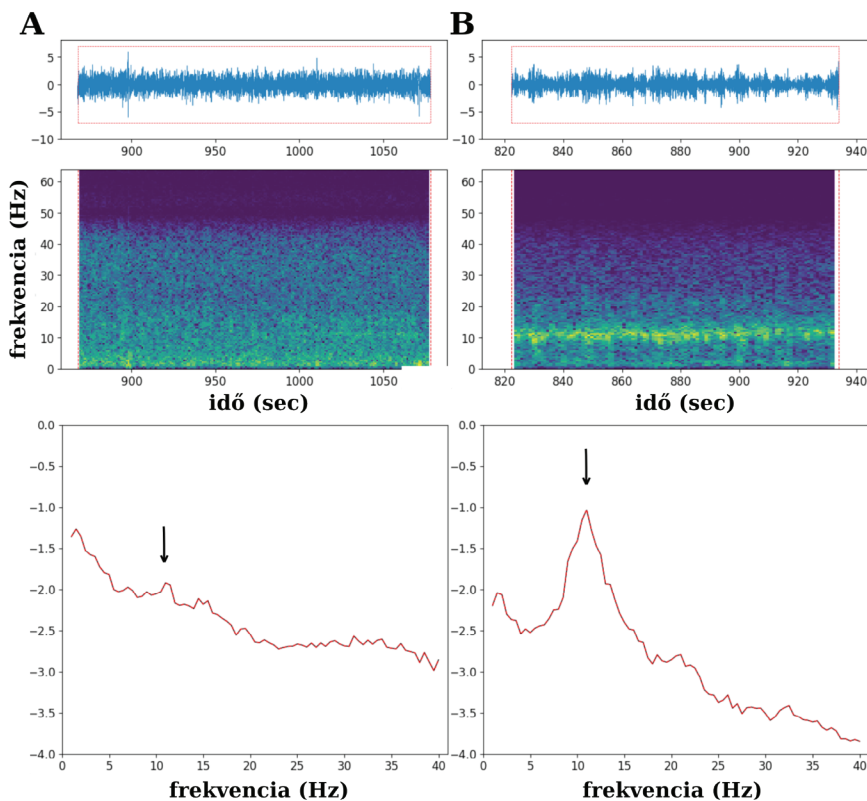
## Eredmények

A kísérletben 15 biológus vagy biológiatanár szakos egyetemista hallgató (21–29 éves, 7 fiú, 13 jobbkezes) vett részt.

### Alfa-aktivitás mértéke zenehallgatás közben

A szem becsukását jellegzetes aktivitásváltozás kíséri, amely különösen occipitálisan szembetűnő. A szem becsukásakor az ébrenlétre jellemző, főleg béta-hullámokat mutató aktivitást nagyobb amplitúdójú alfa-aktivitás váltja föl (lásd 1. ábra, Berger, 1933). Csukott szemmel nyugtató zene alatti alfa-aktivitás erősen variált (3. ábra), de minden kísérleti alanyunknál legalább minimális mértékben meghaladta a nyitott szemű nyugtató zene alatti alfa-aktivitás mértékét.

#### Occipitális aktivitás



3. ábra. Csukott szemű relaxáció alatti alfa-csúcs jelenléte.

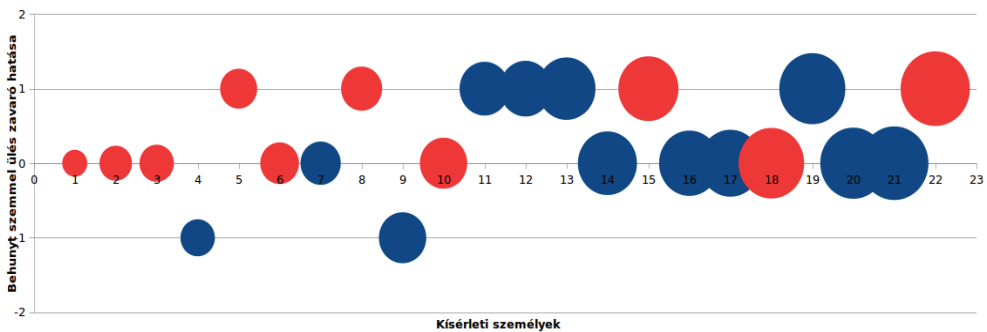
Felül az EEG-aktivitás látszik behunyt szemmel, középen a spektrogramon színek kódolják az egyes frekvenciákhoz tartozó aktivitási teljesítmények időbeli változását, majd alul a regisztrátum FFT-spektrogramja látszik.



A) A 13 kísérleti személyből 4-nél nem tapasztaltunk jelentős alfa-aktivitásnövekedést behunyt szemmel.

B) Általában a szem becsukásakor az alfa-aktivitás fokozódik, a középső spektrogrammon sárga színnel elkülönül egy 10Hz körüli teljesítménynövekedés, amely az alsó FFT-görbén egy csúcs formájában rajzolódik ki.

A 15 alanyból occipitális EEG FFT-spektrumában elkülöníthető alfa-csúcs 11 alanynál volt. Általában az alfa-aktivitás occipitálisan volt a legerősebb, 1 személynél volt frontálisan erősebb, és 2 személynél nagyjából egyforma frontálisan és occipitálisan is. A behunyt szemmel mért alfa-index nem függött attól, hogy a kísérleti személy úgy érezte-e, hogy sikerült ellazulnia, sem attól, hogy mennyire zavarta a behunyt szemmel üldögélés (4. ábra).

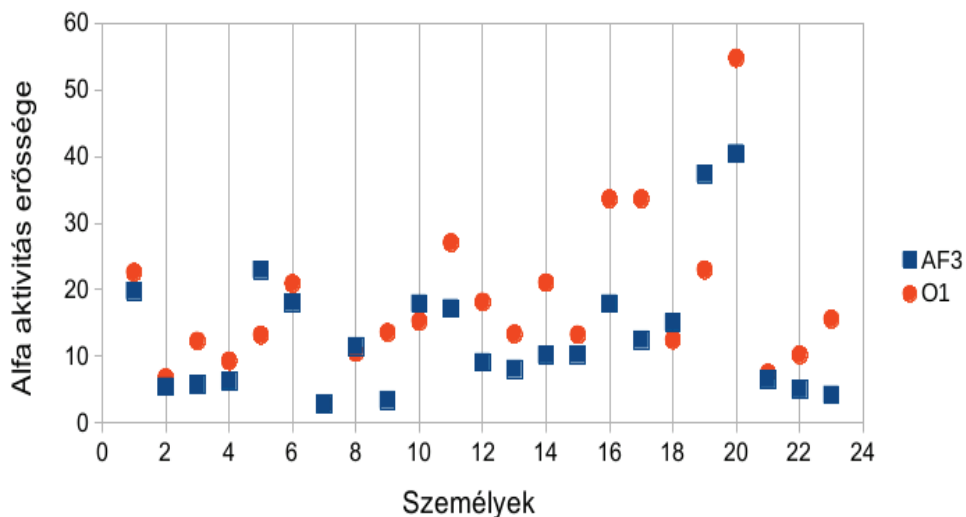


4. ábra. Alfa-aktivitás mértéke occipitálisan csukott szemmel.

A diagram az egyes kísérleti személyek (x tengely) behunyt szemű EEG-regisztrátumából számolt alfa-index nagyságát (körök mérete) mutatja a behunyt szemű üldögélés zavaró hatásának függvényében (y tengely). +1 érték jelöli azokat, akik úgy ítélték meg, hogy kellemes volt a zene, és el tudtak lazulni, -1 érték jelöli azokat, akiket zavart a behunyt szemmel üldögélés, és 0-t rendeltünk azokhoz, akik semlegesnek ítélték meg ezt a feladatot. Piros szín a fáradtan érkezett személyeket jelöli. Sem a fáradtság, sem a zene nyugtató hatása nem korrelált az alfa-index nagyságával. Minden állapotban találunk alacsony és magas értékeket.

Alfa-aktivitáshoz általában gátló funkciót kapcsolnak, több kérgi területre kiterjedő alfa-aktivitást akkor mérhetünk, amikor a percepció és információfeldolgozási folyamatok mértéke csökken, például álmoság, felületes alvás esetén (Klimesch, 2012). Ezen a nyugalmi alfa-aktivitáson kívül van egy úgynevezett funkcionális alfa-aktivitás is, amely segítségével az irányított figyelem valósul meg, a koncentrációt akadályozó, zavaró információkat blokkoljuk az egyes területeken megjelenő alfa-aktivitással, vagyis az alfa-aktivitás jelenléte egyes területeken erős koncentrációt is jelezhet (Klimesch, 2012). Kísérletünkben a kísérleti személyek alfa-aktivitása sem frontálisan, sem occipitálisan nem mutatott különbséget, hasonló volt szövegolvasás alatt, illetve nyugtató és idegesítő zene hallgatása közben. Zenehallgatásnál az alfa-aktivitás mértéke

nem függött attól, hogy nyugató vagy inkább zavaró zenét hallgattak-e, és hogy mennyire találta a kísérleti személy zavarónak a zenét, bár a legalacsonyabb frontális alfa-aktivitások az idegesítő zene alatt jelentkeztek (5. ábra).

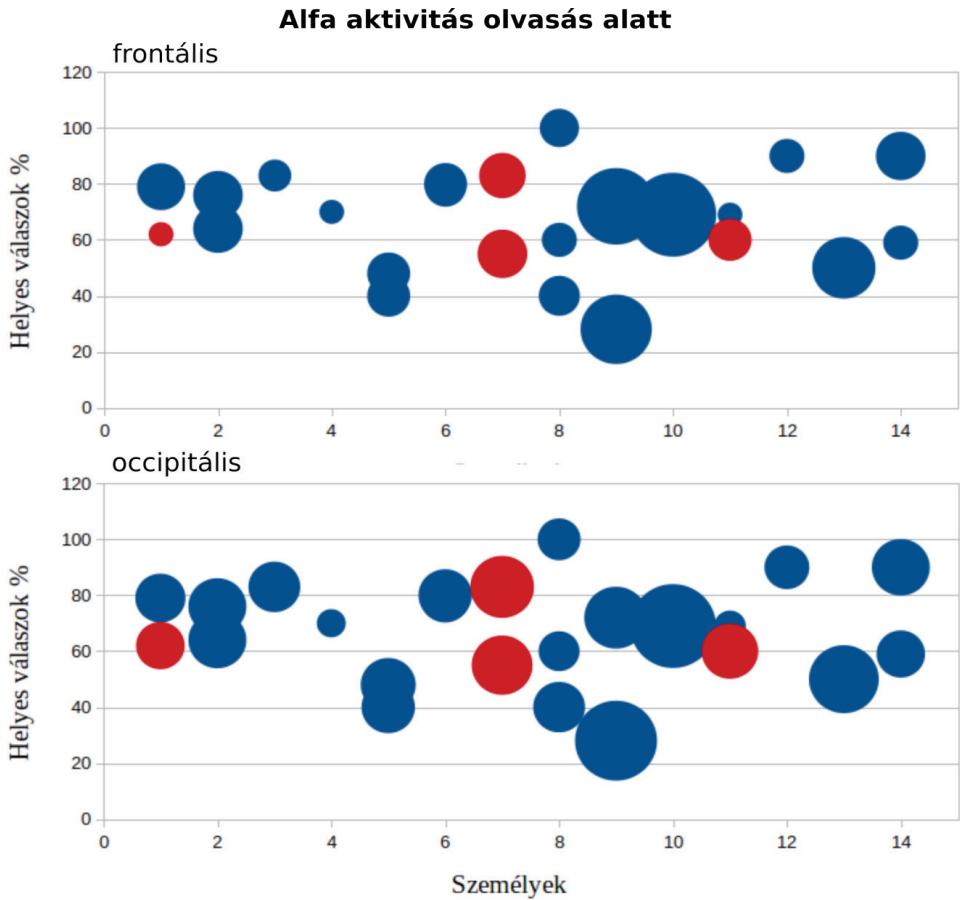


5. ábra. Frontális alfa-aktivitás nyitott szemű zenehallgatásnál.

A diagram az egyes kísérleti személyek (x tengely) nyitott szemű zenehallgatás alatti EEG-aktivitásából számolt alfa-index nagyságát (y tengely) mutatja. A frontális (kék négyzet) alfa-index a legtöbb esetben alacsonyabb volt, mint az occipitális (piros kör) alfa-index, de egyforma (7) és kisebb (19) értékekre is láthatunk példát. Az 1–8 esetekben zavaró zenét, a 9–23 esetekben pedig nyugtató zene hallgatása alatti regisztrátumokból számolt alfa-indexeket ábrázoltuk. A legalacsonyabb alfa-indexeket frontálisan, zavaró zene alatt mértük.

### ***Alfa-aktivitás frontálisan és occipitálisan olvasás alatt***

Olvasás alatt az alfa-aktivitás occipitálisan és frontálisan is nagyon különböző mértékű volt. Az occipitális régióban a látókéreg található, ennek a résznek az aktivitása a képi információfeldolgozást tükrözi, vagyis olvasás alatt alacsony alfa-aktivitást várunk. Az alfa-index nem jelezte a teljesítményt, se azt, hogy érdekesnek találták-e a szöveget a kísérletben résztvevők (6A. ábra: olvasás). A frontális régió különböző kognitív funkciókkal foglalkozik, például az aktuális ismeretek előkeresésével a belső reprezentációból, emléknymok felidézésével, ezért azt vártuk, hogy akik a kérdéseket helyesen megválaszolják, alacsonyabb alfa-aktivitást mutatnak, mint azok, akik nem. Nem találtunk ilyen összefüggést, gyenge és jó teljesítményhez egyaránt tartozott alacsony alfa-aktivitás (6B. ábra).



6. ábra. Frontális és occipitális alfa-aktivitás olvasás alatt.

A diagram az egyes kísérleti személyek (x tengely) behunytt szemű EEG-regisztrátumából számolt alfa-index nagyságát (körök mérete) mutatja a szöveggel kapcsolatos kérdésekre adott helyes válaszok százalékos arányának függvényében. A pirossal jelölt személyek találták unalmasnak a szöveget. Mind frontálisan, mind occipitálisan tartozik alacsony alfa-aktivitás jó teljesítményhez és gyengébbhez is. Egy-egy személynél, különböző olvasási feladatok alatti regisztrátumokban, az alfa-index esetenként növekedést, máskor csökkenést mutatott jobb teljesítménynél.

## Összefoglalás, kitekintés

Egy új tudományterület, a neuropedagógia – amely a neveléstudomány és az idegtudomány eredményeire is épít – igyekszik életkori, fejlődési, és egyéni sajátosságokat figyelembe véve jellemezni a tanulási folyamatot, és ehhez EEG-mérések eredményeit is felhasználja (MÁK és mtsai., 2018).

Az EEG neuropedagógiai alkalmazhatóságának vizsgálatokor a nagy felbontású EEG-vizsgálatok mellett az olcsó, könnyen használható készülékek alkal-

mazhatósága is felvetődött. Ezeknek a készülékeknek nagy előnye, hogy akár osztálytermi környezetben is alkalmazhatóak, felhelyezésük nem igényel szakértelmet, ezért akár otthoni tanuláshoz is tudunk velük adatokat gyűjteni.

Kutatásunk során az alfa-aktivitás mértékét vizsgáltuk figyelmet igénylő (olvasás) és relaxációs (zenehallgatás) feladatoknál. A nyitott és csukott szemű állapot elkülöníthető volt a populációban, ilyen nagymértékű változást az alfa-aktivitásban nem fedtek el az egyéni különbséget, de a nyitott szemmel végzett feladatok között nem találtunk az alfa-aktivitásban szignifikáns különbséget se frontálisan, se occipitálisan. A legalacsonyabb frontális aktivitásokat zavaró zene alatt tapasztaltuk, ami nem meglepő, hiszen ez a terület közreműködik érzelmi reakcióink kialakításában (DENNIS és SOLOMON, 2010).

A szöveg olvasása alatt sem találtunk összefüggést az alfa-aktivitás és a figyelem (mennyire pontosan jegyezte meg a szöveget) vagy az érdeklődés között. Ennél a feladatnál az egyéni különbségek mellett a kognitív terhelés különbözősége is nehezíti a kiértékelést. Ráadásul a kérdések egy további torzítást vittek bele a mérésbe, nem biztos, hogy ugyanazt tartotta fontosnak a kísérleti személy, mint amire rákérdeztünk. További kísérleteknél ezeket a faktorokat kontrollálni kellene, vagy legalább felmérni őket, hogy a kiértékeléshez figyelembe tudjuk venni.

Végző következtetésként megállapíthatjuk, hogy különböző összetételű populációk jellemzésénél az EEG-aktivitás egyéni jellegzetességeit figyelembe kell venni a kiértékelés során, az aktivitási szintek önmagukban nem elégségesek a figyelmi állapot jellemzéséhez.

## **Köszönetnyilvánítás**

A kutatás az EFOP-3.6.1-16-2016-00001 „Kutatási kapacitások és szolgáltatások komplex fejlesztése az Eszterházy Károly Egyetemen” pályázat támogatásával valósult meg.

Szeretném kifejezni köszönetemet DR. ANTAL KÁROLY tanár úrnak, DR. BOGÁRDI TÜNDE tanárnőnek a statisztikai munkákban nyújtott segítségért, KVASZINGERNÉ DR. PRANTNER CSILLA tanárnőnek, és a Médiainformatika Intézet Humáninformatika Tanszékének az eszközök, a terem rendelkezéseimre bocsátásáért, alanyainknak a szíves közreműködésért, valamint nem utolsósorban szüleimnek a támogatásért.

## Irodalomjegyzék

- AXMACHER, N., MORMANN, F., FERNÁNDEZ, G., ELGER, C. E., FELL, J. (2006): Memory formation by neuronal synchronization. *52(1):170–182*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.01.007>
- BOSMAN, C.A., LANSINK, C.S., PENNARTZ, C.M. (2014): Functions of gamma-band synchronization in cognition: from single circuits to functional diversity across cortical and subcortical systems. *Eur J Neurosci.* 2014 39(11), 1982–1999. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejn.12606>. Epub 2014 May 8.
- BUZSÁKI, Gy. (2003): Az agy és a kognitív viselkedés – A korrelációs megközelítés újabb átgondolása In Cs. Pléh, Gy. Kovács, B. Gulyás (Eds.), *Kognitív idegtudomány*. pp. 763–771. Budapest: Osiris kiadó.
- BERGER, H. (1933): Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Arch F Psychiat* 98, 231–254.
- CHATRIAN, G. E., SOMASUNDARAM, M., TASSINARI, C. A. (1968): DC changes recorded transcranially during „typical” three per second spike and wave discharges in man. *Epilepsia* 9, 185–209.
- COKELAER, T. (2012–2017). Spectrum analysis tools. Available at <http://github.com/cokelaer/spectrum>, accessed last: 2017.10.10.
- DENNIS, T. A., SOLOMON, B. (2010): Frontal EEG and emotion regulation: electrocortical activity in response to emotional film clips is associated with reduced mood induction and attention interference effects. *Biological psychology*, 85(3), 456–464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.09.008>
- DESIMONE, R., DUNCAN, J. (1995): Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu. Rev. Neurosci.* 18, 193–222. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.18.030195.001205>
- FONYÓ, A. (2011): *Az orvosi élettan tankönyve*. Budapest: Medicina Könyvkiadó. Elektronikus változat: [regi.tankonyvvar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_001\\_524\\_Elettan/adatok.html](http://regi.tankonyvvar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_001_524_Elettan/adatok.html) (Letöltés: 2020. január 30.)
- GMEHLIN, D., THOMAS, C., WEISBROD, M., WALTHER, S., PFÜLLER, U., RESCH, F., OELKERS-AX, R. (2011): Individual analysis of EEG background-activity within school age: impact of age and sex within a longitudinal data set. *Int J Dev Neurosci.* 29,163–170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2010.11.005>
- HAUCK, M., LORENZ, J., ENGEL, A. K. (2008): Role of synchronized oscillatory brain activity for human pain perception. *Rev. Neurosci.* 19(6), 441–450. DOI: <https://doi.org/10.1515/revneuro.2008.19.6.441>
- HENZ, D., SCHÖLLHORN, W. I. (2017). EEG Brain activity in dynamic health qigong training: same effects for mental practice and physical training? *Front Psychol.* 7(8):154. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00154>
- JASPER, H. H., PENFIELD, W. (1949): Electrowrtiogram in man: effect of voluntary movement upon the electrical activity of pmcentral gyrus. *Arch. Psych&. Z. Neural.* 183, 163–174.

- JONES, E., OLIPHANT, T., PETERSON, P. AND OTHERS (2001, 2017): SciPy: Open source scientific tools for Python. Available at <http://www.scipy.org/> (Letöltés: 2017. október 10.)
- KETZ, N. A., JENSEN, O., O'REILLY R. C. (2015): Thalamic pathways underlying prefrontal cortex–medial temporal lobe oscillatory interactions. *Trends Neurosci.* 38:3–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2014.09.007>
- KLIMESCH, W. (2012): Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sci.* 16(12), 606–617. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>
- MÁK, V., SZÉCSI, T., VARGA, L. (2018): Overview of EEG Research in Early Childhood Education: An International Perspective. *Képzés és gyakorlat*, 16(3), 37–44. DOI: <https://doi.org/10.17165/TP>
- NIEDERMEYER, E. (2005): Ultrafast EEG activities and their significance. *Clin EEG Neurosci.* 36(4). 257–262. DOI: <https://doi.org/10.1177/155005940503600404>
- MASKELIUNAS, R., DAMASEVICIUS, R., MARTISIUS, I., VASILJEVAS, M. (2016): Consumer-grade EEG devices: are they usable for control tasks? *PeerJ* 4, e1746 DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.1746>
- SZIRMAI, I., KAMONDI, A. (2011): Kognitív zavarok vizsgálata EEG-vel. *Ideggyógyászati Szmlé.* 64, 14–23. [http://www.elitmed.hu/upload/pdf/kognitiv\\_zavarok\\_vizsgalata\\_eeg\\_vel-6970.pdf](http://www.elitmed.hu/upload/pdf/kognitiv_zavarok_vizsgalata_eeg_vel-6970.pdf)
- TRISCHLERNÉ, GYIMESI, Cs. (2016): A komplex agyi tevékenység elektrofiziológiai vizsgálata (EEG) In: Ábrahám Hajnalka, Ács Péter, Albu Mónika, Bajnóczky István, Balás István, Benkő András, Birkás Béla, Bors László, Botz Bálint, Csathó Árpád, Cséplő Péter, Csernus Valér, Dorn Krisztina, Ezer Erzsébet, Farkas József, Fekete Sándor, Feldmann Ádám, Füzesi Zsuzsanna, Gaszner Balázs, Gyimesi Csilla, Hartung István, Hegedűs Gábor, Helyes Zsuzsanna, Herold Róbert, Hortobágyi Tibor, Horváth Judit, Horváth Zsolt, Hudák István, Illés Enikő, Jandó Gábor, Jegesy Andrea, Kállai János, Karádi Kázmér, Kerekes Zsuzsanna, Koller Ákos, Komoly Sámuel, Kovács Bernadett, Kovács Norbert, Kozma Zsolt, Kövér Ferenc, Kricskovics Antal, Lenzsér Gábor, Lucza Tivadar, Mezősi Emese, Mike Andrea, Montskó Péter, Nagy Alexandra, Nagy Ferenc, Pál Endre, Péley Iván, Pethő Gábor, Pethőné Lubics Andrea, Pfund Zoltán, Pintér Erika, Porpáczy Zoltán, Pozsgai Gábor, Reglődi Dóra, Rékási Zoltán, Schwarcz Attila, Sebők Ágnes, Simon Gábor, Simon Mária, Sipos Katalin, Szapáry László, Szekeres Júlia, Szolcsányi Tibor, Tamás Andrea, Tényi Tamás, Tiringner István, Tóth Márton, Tóth Péter, Trauninger Anita, Vámos Zoltán, Varga József, Vörös V.: *Emberi életfolyamatok idegi szabályozása – a neurontól a viselkedésig. Interdiszciplináris tananyag az idegrendszer felépítése, működése és klinikuma témáiban orvostanhallgatók, egészség- és élettudományi képzésben résztvevők számára Magyarországon.* Pécsi Tudományegyetem (9h fejezet) Pécs, Dialóg Campus Kiadó-Nordex Kft. [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0094\\_neurologia\\_hu/ch09s08.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0094_neurologia_hu/ch09s08.html)
- VIDNYÁNSZKY, Z. (2003): A vizuális figyelem In: Pléh Csaba, Kovács Gyula, Gulyás Balázs: *Kognitív idegtudomány*, (pp 219–235). Budapest, Osiris kiadó, 2003

- WANG, X.-J. (2010): Neurophysiological and Computational Principles of Cortical Rhythms in Cognition. *Physiol Rev.* 90, 1195–1268. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00035.2008>
- WANG, T., GUAN, S. U., MAN, K. L. (2014): EEG eye state identification using incremental attribute learning with time-series classification. *Mathematical Problems in Engineering* 1, 9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/365101>
- WANG, Y., SOKHADZE, E. M., EL-BAZ, A. S, LI, X., SEARS, L., CASANOVA, M. F. TASMAN, A. (2016): Relative power of specific EEG bands and their ratios during neurofeedback training in children with autism spectrum disorder. *Front. Hum. Neurosci.* 9:723. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00723>
- WÖSTMANN, M., ALAVASH, M., OBLESER, J. (2019): Alpha Oscillations in the Human Brain Implement Distractor Suppression Independent of Target Selection. *J Neurosci.* 39(49), 9797–9805. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1954-19.2019>, Epub 2019 Oct 22.