

**AZ EMOTIVE EPOC +EEG KÉSZÜLÉK  
ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI  
KÜLÖNLEGES BÁNÁSMÓDOT IGÉNYLŐ  
GYERMEKEK FEJLESZTÉSÉBEN**

**Szerzők:**

Csordás Georgina (Drs)  
Eszterházy Károly Egyetem

Szerző e-mail címe:

csordas.georgina@uni-eszterhazy.hu

**Lektorok:**

Szebeni Rita (PhD)  
Eszterházy Károly Egyetem

Mester Dolli (PhD)  
Eszterházy Károly Egyetem

...és további két anonim lektor

**Absztrakt**

Jelen tanulmány célja, hogy összefoglalja a különleges bánásmódot igénylő gyermekek fejlesztésében használatos agy-számítógép interfész kapcsolatokat alkalmazó technikákat. Az eljárás az adatokat EEG készülék segítségével gyűjti be, amely kardinális információkat nyújt a vizsgálati személy, esetünkben a gyermeke érzelmi és figyelmi állapotát illetően. Ezeket az adatokat számos vizsgálatban mesterséges intelligencia segítségével dolgozták fel, amely lehetővé tette, az érzelmi állapotok azonosítását, csupán az EEG jelek által nyújtott információ alapján. A különböző mentális állapotok figyelemmel követésén kívül a technika lehetőséget nyújt a fejlesztésre is. A neurofeedback például egy hatékony módszer a különleges bánásmódot igénylő gyermekek fejlesztésében. A valós idejű visszajelzés az agyi aktivitásról, különösen a figyelmi vagy relaxációs állapotokról, segít a felhasználónak abban, hogy megtanuljon különböző mentális állapotokat elérni, illetve azokat fenntartani. Ez a képesség meghatározó lehet a figyelemhiányos, illetve önregulációs problémákkal küzdő gyermekek terápiájában. A tanulmányban az agy-számítógép interfész technikák összefoglalása mellett egy költséghatékony EEG készülék is bemutatásra kerül, amely számos kutatás bizonyult nem csak megbízhatónak, hanem könnyen használhatónak is.

**Kulcsszavak:** neurofeedback, emotive epoc, különleges bánásmód, EEG

**Diszciplína:** pszichológia

**Abstract***POSSIBLE APPLICATIONS OF THE EMOTIVE EPOC + EEG DEVICE IN THE DEVELOPMENT OF CHILDREN REQUIRING SPECIAL TREATMENT*

The aim of this study is to summarize approaches involving Brain-Computer Interface measures regarding the improvement of children with special educational needs. This technology enables the user to interact with a computer using brainwaves. The data from the user is taken via EEG device, which is a noninvasive method. At the same time, it allows the researchers to get vital information about the user's, - in our case the children's - emotional and attentional state. Furthermore, when this data is supplemented with artificial intelligence, one can detect the user's emotion without getting any further input from the user. Besides the monitoring, Brain-Computer Interface techniques can function as development methods. The neurofeedback is an effective method to improve children's abilities. With the real time feedback about ones mental state, especially attentional or relaxational states, one can learn self-regulation of brain function. This ability can be a vital in the therapy of children who are struggling with attention deficit or self-regulation problems. In this study, besides the summary of the various Brain-Computer Interface methods, a cost-effective EEG device is introduced too, which was tested in several studies, and proved to be reliable and easy to use.

**Keywords:** neurofeedback, emotive epoc, special educational need, EEG

**Disciplines:** psychology

Csordás Georgina (2020): Az Emotive Epoc +EEG készülék alkalmazásának lehetőségei különleges bánásmódot igénylő gyermekek fejlesztésében. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, II. évf. 2020/1. szám. 71–82. doi: 10.35406/MI.2020.1.71

Különleges bánásmódot igénylő gyermeknek azokat a kiskorúakat nevezzük, akik vagy sajátos nevelési igényűek, beilleszkedési, tanulási nehézséggel küzdenek, vagy akik kiemelten tehetségesek. A Nemzeti Köznevelésről szóló, 2011. évi CXCV törvény előírja, hogy ezekkel a gyermekekkel speciális igényeiknek megfelelő módon kell foglalkozniuk a pedagógusnak, és szükség esetén szakemberekkel kell együttműködniük a

gyermek fejlesztésének érdekében. Ehhez elengedhetetlen a kiskorú személyiségének, képességeinek megismerése. A fejlesztési folyamatban fontos a gyermek figyelmének, tanulásra lévő motivációjának fenntartása is, mely sokszor talán a legnehezebb feladat a pedagógusok számára.

Az oktatásban egyre inkább elterjed az IKT (információ és kommunikáció technológiai) eszközök használata. Az ilyen mód-

szerrel való tanítást a tanulók eredményesség szempontjából pozitívan ítélik meg, elégedettek a módszerekkel, és úgy érzik, hogy jobban fejlődnek ezen eszközök alkalmazásával, valamint szabadidős tevékenységeikben is hasznosnak találják őket (Hanák és Dorner, 2012).

Az IKT eszközök érzékszervre gyakorolt hatásuk alapján lehetnek auditívek, vizuálisak, audiovizuálisak, taktilisek és komplexek (ide tartoznak például a szimulátorok és a VR – virtuális valóság). A kommunikáció irányítottága alapján pedig lehetnek nem adaptívak, melyek egyirányú kommunikációt valósítanak meg, és általában információ átadására alkalmasak, valamint lehetnek adaptívak, melyek két vagy többirányú kommunikációra képesek. Utóbbi eszközök alkalmasak az eredményekről való tájékoztatásra, visszacsatolásra (Estefánné Varga és Dávid, 2014).

Ha az egyén a fiziológiás állapotáról nyer visszacsatolást valamilyen eszköz által, nő a tudatossága arra a funkcióra, és így képessé válik arra, hogy azt befolyásolja. Ez a jelenség a biofeedback (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2008). A neurofeedback egy olyan formája a biofeedback-nek, amikor a vizsgálati személy az agyhullámairól kap visszajelzést, általában vizuálisan (Hammond, 2005). Ezek lehetnek egyszerű képi visszacsatolások, de egy számítógépes játék kontextusába ágyazva is létrehozhatók. Utóbbi jó eszköz a gyermekek figyelmének megragadására, és a figyelem fenntartásának e módon való fejlesztésére, valamint érzelmi állapotuk felmérésére (Martínez és tsai 2016; Antle és tsai, 2015).

Jelen összefoglaló tanulmány a különleges bánásmódot igénylő gyermekek fejlesztésének lehetőségeivel foglalkozik. Először áttekintésre kerülnek azok a technológiák, melyek lehetővé tették az emberi ideg-rendszer és számítógép közötti valós idejű kommunikációt, valamint bemutatásra kerül egy viszonylag hozzáférhető EEG eszköz, az Emotive Epoc+ is, mellyel ezeket a fejlesztéseket végre lehet hajtani. Végül empirikus tanulmányok áttekintésére kerül sor, amelyek különleges bánásmódot igénylő gyermekek EEG eszköz segítségével történő fejlesztéséről számolnak be.

### **Az agy-számítógép interfész kapcsolat**

Az agy-számítógép interfész kapcsolat (Brain-Computer Interface – BCI) olyan rendszereket takar, melyek az agy elektromos aktivitását lefordítva valós idejű kommunikációt tesznek lehetővé a felhasználó és a számítógépes eszköz között (Wolpaw és Wolpaw, 2012). Ez a folyamat lehet egy- és kétirányú is. Ezen rendszerek irányításához nincs szükség izommozgásra, így akár azok is tudják őket használni, akik teljesen mozgásképtelenek (Kübler és tsai, 2001). Az agy-számítógép kapcsolat egy hardverből áll, amely monitorozza a felhasználó idegrendszeréből érkező jeleket, valamint egy szoftveres komponensből, mely az agyból érkező jeleket dolgozza fel, és fordítja parancsokká, melyekkel pedig egy külső eszközt képes a felhasználó irányítani (Fouad és Labib, 2015).

Az invazivitás szempontjából ezek az eszközök háromfélék lehetnek: az invazív agyszámítógép interfészek sebészeti beavatkozás útján kerülnek direkt módon a felhasználó idegrendszerébe. Ezek általában mikroelektródák, amelyeket a vizuális vagy motoros kéregbe ültetnek be, így ezek adják a legjobb pontosságú jelet térben és időben egyaránt. A részben invazív eljárások során mikroelektródákat helyeznek a koponyacsonton belülre, azonban ezeket nem az agyba teszik. Ilyen eljárás például az elektrokortikográfia (ECoG). A nem invazív eljárások között a legelterjedtebb az elektroencefalográfia (EEG), amely térben kevésbé pontos, mint a korábban felsorolt eljárások, mivel az elektródákat a koponyára helyezik fel, ami miatt a koponyacsont torzulást eredményez a jelben. Azonban egy nagy előnye ennek az eljárásnak, hogy nem szükséges a műtéti úton történő beavatkozás (Fouad és Labib, 2015).

2000-ben Middendorf és tsai az Amerikai Egyesült Államok Légierőjének kutatólaboratóriumában kifejlesztett egy olyan agyszámítógép interfész eszközt, mellyel a vizsgálati személyek EEG készülék segítségével, az agyhullámaikkal voltak képesek virtuális gombokat kezelni. A vizsgálatból kiderült, hogy a vizsgálati személyek képesek voltak megtanulni kontrollálni az agyhullámaikat.

Pineda és tsai (2003) kutatásukban a vizsgálati személyek egy számítógépes játék karakter mozgását tanulták meg irányítani, ugyancsak agyhullámokkal. Ehhez az agy két feléről származó elektromos jelek különbségét használták fel. Ha a jobb és a bal agyféltekéről nagyjából megegyező jelek érkeztek az

EEG készüléken, akkor a karakter balra mozdult el, ha pedig a két jel különbözött, jobbra. Egy évvel későbbi vizsgálatban a kutatók szintén EEG jelekből voltak képesek megállapítani, hogy a vizsgálati személyt milyen vizuális inger éri. Ezt a vizsgálatot arra alapozták, hogy a vizuális stimulusok különböző frekvenciájú agyhullámokat váltanak ki, így lehetséges megállapítani, hogy például a vizsgálati személy egy sakktáblán melyik bábura néz éppen (Lalor és tsai, 2004).

### **Az EEG készülékkel történő mérés sajátosságai**

A folyamatos, valós idejű EEG méréseket kétféle módon lehet végrehajtani a vizsgálati személy részvétele szempontjából. Megkülönböztetünk ún. statikus elemzéseket, mely során a vizsgálati személynek a vizsgálat alatt nincs semmi konkrét feladata, az agyi aktivitása „nyugalmi” állapotban kerül monitorozásra. Az egészséges vizsgálati személyek EEG jeleinek ismérvei hasonlóak, ezért átlagolhatók, szórásuk pedig a normális tartományt jelzi. Ehhez a tartományhoz lehet hasonlítani az egyes vizsgálati személyek agyhullámait egyénenként.

Az EEG mérések másik típusába az ún. dinamikus módszerek tartoznak, melyek során különböző pszichofiziológiai tesztekkel idézhető elő változás az agyi aktivitásban, és ezek a reakciók kerülnek a vizsgálat során tanulmányozásra. Ez után a jelek szintén a standardokhoz kerülnek viszonyításra. Az ily módon történő vizsgálatokat nevezzük eseményfüggő (event-related) vizsgálómódszereknek (Szirmai és Kamondi, 2011).

Az EEG mérések frekvenciája 1-80 Hz között mozog, 10-100 mikrovolt amplitúdóval (Kandel, Schwartz és Jessel, 2000). A frekvencia szerint megkülönböztetünk delta (0,5-3,5 Hz), téta (3,5-7 Hz), alfa (8-12 Hz), béta (13-25 Hz) és gamma (30-70 Hz) hullámokat (Kvaszingerne Prantner és Emri, 2018).

Ezek közül az alfa agyhullámokat a relaxációval és nyugodt állapottal szokták társítani (Ramirez és Vamvakousis, 2012; Kvaszingerne Prantner és Emri, 2018), ezek az agyhullámok nagyrészt az occipitális és parietális lebeny környékén figyelhetők meg (Kandel, Schwartz és Jessel, 2000), és a szem lehunyasával idézhető elő a legegyszerűbb módon. Emellett a szenzoros és motoros folyamatokban is kulcsfontosságú szerepet játszik az ún. funkcionális alfa aktivitás (Başar és tsai, 1997).

A béta aktivitás a frontális lebenyben a legjelentősebb, az éber állapotban jellemző, és kiváltképp a figyelmet kívánó mentális feladatok elvégzésekor jelenik meg (Kandel, Schwartz és Jessel, 2000).

A delta aktivitás az alvás állapotán kívül az ébrenlét során is megjelenik, például döntéshozatalkor, míg a téta aktivitás komplex kognitív folyamatok során figyelhető meg (Başar-Eroglu és tsai, 1992).

A gamma hullámok szerepet játszanak többek között a motoros kontrollban (Cheyne és tsai, 2008), valamint a figyelemi folyamatokban (Müller és M-Keil, 2004).

Az alfa és béta hullám az érzelmi állapotok valenciájának, valamint az arousal EEG készülékkel történő azonosításában játszanak jelentős szerepet (Ramirez, és Vamvakousis,

2012). Choppin (2000, id.: Ramirez, és Vamvakousis, 2012) az EEG jelek segítségével hat különböző érzelmet tudott azonosítani. Ezeket az érzelem valenciája, az arousal mellett a dominanciából állapította meg. A valencia megállapításához abból a feltevésből indult ki, hogy a pozitív érzelmeket magas frontális alfa koherencia fémjelzi, s a negatív érzelmeket magas jobb oldali parietális béta aktivitás. A magasabb arousalt magas béta aktivitás és koherencia jellemzi a parietális lebenyben, alacsonyabb alfa aktivitással. A dominanciát pedig megemelkedett béta és alfa aktivitás hányados jelzi a frontális lebenyben, a parietális lebenyben megemelkedett béta aktivitás mellett.

Más kutatók az érzelmek felismerését gépi tanulás (machine learning) segítségével végezték. Ebben a kísérletben a vizsgálati személyeknek különböző érzelmeket kiváltó zenét kellett hallgatniuk, és önbevallásos alapon kellett az átélt érzelmet megnevezniük. Itt négy érzelmet különítettek el, arousal és valencia szerint: öröm (joy: pozitív valencia és magas arousal), düh (anger: negatív valencia és magas arousal), szomorúság (sadness: negatív valencia és alacsony arousal) és élvezet (pleasure: pozitív valencia és alacsony arousal). A vizsgálati személyek EEG jeleiben ezek után gépi tanulás segítségével keresték az egyes érzelmekre utaló agyi mintázatokat (Lin és tsai, 2010).

### **Az Emotive Epop EEG készülék**

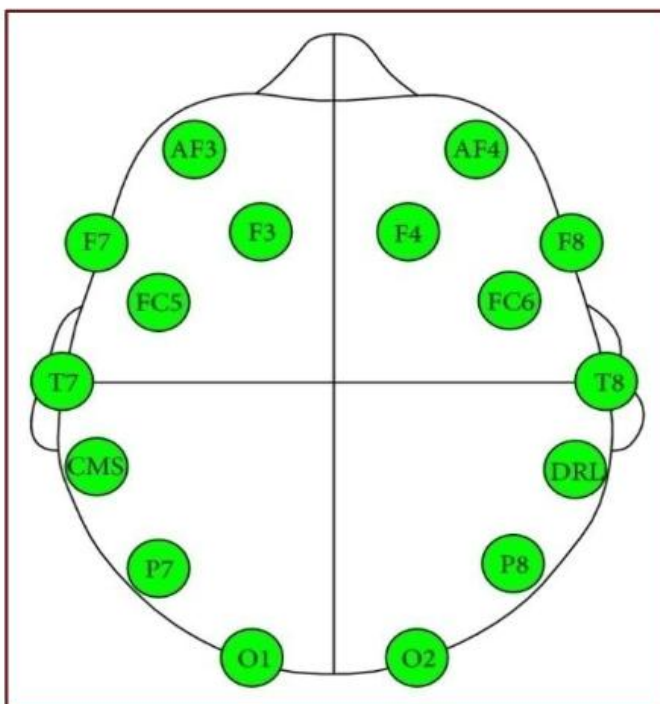
Az Emotive Epop+ egy vezeték nélküli, viszonylag olcsó és könnyen hozzáférhető EEG készülék, amely Bluetooth technológiá-

val kapcsolódik az adatfeldolgozó eszközhöz (például számítógéphez), amelyen a kísérő szoftver fut.

A készülék 14 elektróda, illetve két referencia pont segítségével mér, melyek fejbőrrel érintkező részét sós oldatba szükséges áztatni a használat során. Az elektródák a nemzetközi 10-20-as elrendezés szerint helyezkednek el (Emotive hivatalos weboldala). Az F3, F4, AF3, AF4, F7 és F8 elektródák a frontális le-

benyen mérik a neurális aktivitást, a T7, T8, FC5 és FC6 elektródák a temporális lebenyen, a P8 és P7 elektródák a parietális lebenyen, és az O1, O2 elektródák pedig az occipitális lebenyen rögzítenek. A CMS és DLR elnevezésű elektródák pedig a referencia elektródák, melyek a jelben történő zajokat csökkentik (Fouad és Labib, 2015). Az elektródák elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra: az Emotive EPOC elektródáinak elhelyezkedése (forrás: Fouad és Labib, 2015)



Az EEG készüléket akkumulátorok üzemeltetik, melyek egy töltéssel 6, illetve 12 órás üzemidőt biztosítanak, attól függően, hogy USB vevő egységgel, vagy Bluetooth Low Energy kapcsolaton keresztül használjuk. A készülék többféle platformmal is kompatibilis: Windows, MAC, iOS, Android.

A készülék mozgásérzékelő szenzorokkal is rendelkezik, és az agyi aktivitáson kívül mérhetőek vele különböző mimikai mozgások is, például a kacsintás, pislogás, mosoly, nevetés. Ezen kívül a készülékkel lehetséges mérni a teljesítményre utaló adatokat is (ilyen az izgatottság, elköteleződés, relaxáció, érdeklődés, figyelem), valamint mentális parancsok kiadása is lehetséges az eszközzel virtuális környezetben (Emotive hivatalos weboldala).

Az Emotive Epoc készülék megbízhatóságát több kutatás vizsgálta. Fouad és Labib (2015) kutatásában a gyártó által leírt felhasználási lehetőségek tesztelése történt meg. Azt találták, hogy van lehetőség az eszközzel érzelmek és mentális állapotok karakterisztikájának, mintázatának detektálására, mint például az unalom, elkötelezettség, frusztráció, meditáció, hosszú távú és pillanatnyi izgatottság. A felsoroltak pedig szorosan kötődnek az éberséghez, koncentrációhoz, stimulációhoz, érdeklődéshez, merengéshez, a negatív érzelmekhez és a várakozáshoz. A vizsgálati személyek különböző mozgások elvégzésére vonatkozó szándéka is érzékelhető volt a vizsgálat során (tolás, húzás, balra és jobbra mozgás, fel és le mozgás, forgatás, előre és hátra). A vizsgálati személy koncentrációjának mértéke abban mutatkozott meg, hogy mennyire tudta irányítani a külső eszköz

virtuális elemeit. Vizsgálatuk szerint az Emotive Epoc EEG készülékkel létrehozható az egy-, illetve kétirányú agy-számítógép kapcsolat.

Az Emotive Epoc készülék több kutatásban is felhasználták már – többek között könnyű alkalmazása és elérhetősége végett. A vizsgálatokban például érzelmeket detektáltak agyhullámok segítségével, a jelek feldolgozásához pedig különböző mesterséges intelligenciát használtak fel. Ramirez és Vamvakousis (2012) kutatásukban az érzelmeket meghatározó valencia és arousal detektálását tesztelték, mely során az Emotive Epoc által kapott adatokat különböző gépi tanulás algoritmusokkal dolgozták fel. Az arousalt a frontális lebenyben mért az alfa és béta aktivitás arányából számolták, míg a valenciát a két agyfélteke aktivációjának eltéréseiből következtették ki. A kutatásnak újszerűsége az volt, hogy a valencia és arousal detektálása a vizsgálati személy szubjektív beszámolója nélkül vált lehetővé.

Blaiech és tsai (2013) kutatásukban hét alapérzelmeket különböztettek meg: öröm, szomorúság, félelem, düh, undor, meglepődés és közömbösség. Ezen érzelmeket Scherer (2005) elméletéből kiindulva három dimenzió szerint vizsgálták, melyek a következők: arousal, valencia, dominancia. Az elmélet feltételezi, hogy minden érzelem elhelyezkedik valahol ezeken a dimenziókon, és ezáltal megkülönböztethető, például az örömet közepes arousal, magas valencia és közepes dominancia jelzi. Ezek a dimenziók jól beazonosíthatók az alfa és béta agyi aktivitás vizsgálatával (Liu és Nguyen, 2011). Az

arousal karakterisztikáját a magas béta aktivitás és koherencia adja a parietális lebenyen, alacsony alfa aktivitással. A valenciát a prefrontális lebenyen lévő elektródákkal mérték, a bal oldal inaktívációja negatív, és a pozitív oldal inaktívációja pedig pozitív érzelmet jelez, így a két félteke összehasonlításából tudtak következtetni az átélt érzelm valenciájára. A dominanciát pedig a frontális lebenyben megemelkedett béta/alfa aktivitás, valamint a parietális lebenyben megemelkedett béta aktivitásból állapították meg. Miután kiszámolták ezeket a dimenziókat, ún. fuzzy logika alkalmazásával a három érzelmet jelző dimenzióból, mint bemeneti változóból kapták meg a kimeneti változót, tehát az érzelmet leíró címkét. A kapott érzelmeket végül a vizsgálati alanyok beszámolóival hasonlították össze. Ezzel a technikával a közömbösséget 100%-os arányban sikerült azonosítani, a félelmet 78,57%-ban, az örömet és szomorúságot 71,42%-ban, a dühöt és undort 64,28%-ban, és a meglepődést pedig az esetek 53,57%-ban.

### **Különleges bánásmódot igényő gyermekek fejlesztése**

Az affektív állapotoknak nem csak a felmérése lehetséges agy-számítógép interfész kapcsolat segítségével. Bevett módszer, hogy az EEG készülék által mért agyi jeleknek megfelelően változtassa a számítógép a megjelenített tartalmat, ezzel segítve a kívánt mentális állapot elsajátítását, annak fenntartását. Az azonosítási folyamat különösen nehéz, ha a figyelem különböző mértékű zavarai vannak

jelen a vizsgálati személynél, így a témában folytatott empirikus kutatásokra nagy szükség van. Martínez és tsai (2016) kutatásukban figyelemzavaros, ADHD-s gyermekek fejlesztési lehetőségeit kutatták. A vizsgálat során a fejlesztő terapeuták által általánosságban használatos speciális fejlesztő feladatokat számítógépes játék formájában alkalmazták a gyermekeknél. A módszer hatásfokának, a felhasználói élmény, valamint a vizsgálati személyek által átélt érzelmek méréséhez az Emotive Epc EEG készüléket használták.

A különleges bánásmódot igénylő gyermekek fejlesztésében egy elterjedt módszer a neurofeedback. A neurofeedback egy olyan fejlesztési célú technika, mely során a felhasználó visszajelzést kap az agyi aktivitásáról, ez által képessé válik arra, hogy kontrollálni, illetve fenntartani tudja a kívánt állapotokat. Ezzel az eljárással tanítható gyermekeknek az érzelmi reguláció (Ducharme és tsai, 2012), relaxáció (Knox és tsai, 2011) és önreguláció (Antle és tsai, 2015). Utóbbi kutatás során Nepálban, szegénységben élő, traumatizált gyermekeknek segítettek önregulációs stratégiák elsajátításában neurofeedback technikával, mely a gyermekekkel foglalkozó tanácsadók munkájának kiegészítéseként szolgált. A vizsgálat során relaxációt, légzőgyakorlatokat és figyelmi gyakorlatokat tanítottak a gyermekeknek a Mind-Full szoftver segítségével (Mind-Full hivatalos weboldala). A szoftver a NeuroSky a frontális lebenyen lévő egy elektródás EEG készülékkel működik (NeuroSky hivatalos weboldala). A programban a felhasználónak egyszerű mindennapi helyzeteket kell megoldani a viselke-



désének, valamint agyhullámainak változtatásával. Például ahhoz, hogy a képernyőn egy szélforgót megforgasson, mély levegőt kell vennie, majd kifújni a levegőt. Amennyiben meg tudja tartani öt másodpercig az alfa agyhullámokat, jutalmat kap a játék folyamán. A Mind-Full játék alkalmazása során szignifikáns javulást találtak a gyermekek viselkedésében, valamint a gyermekekkel foglalkozó tanácsadókvaló informális kapcsolattartás során kiderült, hogy a hat hetes használat során ők is változást tapasztaltak a gyermekek magatartásában (Antle és tsai, 2015).

Lekova és tsai (2018) vizsgálatukban speciális nevelési igényű gyermekek pedagógiai fejlesztését vizsgálta, melyet agy-számítógép interfész technikákkal társítottak. Utóbbi során Emotive Insight EEG készülékkel követték figyelemmel a gyermekek figyelmi, illetve érzelmi állapotát. Az Emotive Insight annyiban különbözik a korábban ismertetett Emotive Epop készüléktől, hogy kevesebb elektródával, de jó minőségű jeleket továbbítva mér. A vizsgálatban felhasználásra került az Emotive teljesítményt és mimikai jeleket mérő szoftvere is. Emellett a gyermekek egy robotot tudtak irányítani az EEG készülék jeleivel, amely amellett, hogy a gyermekek figyelmét lekötötte, és érdeklődésüket felkeltette, a perceptuális feldolgozást is segítette. A vizsgálat során a gyermekek figyelmi és érzelmi reakciói javultak.

### Konklúziók

A különleges bánásmódot igénylő gyermekek fejlesztése vitális, azonban sokszor nehézségekbe ütköző feladat. Képességbeli,

motivációbeli különbségekkel kell számolniuk a fejlesztésükre is vállalkozó gyógypedagógusoknak, fejlesztő pedagógusoknak, pedagógusoknak (Mező, 2018).

Az EEG készülékekkel nyert információk ebben rendkívül hasznosak lehetnek, mivel megbízható adatokat szolgáltatnak a gyermekek érzelmi és figyelmi állapotáról, amelyek segítenek a tanulási folyamat megtervezésében, annak esetleges módosításában.

A neurofeedback technikákkal játékos környezetben, motivációjuk fenntartásával tudják fejleszteni a szakemberek a gyermekek mentális képességeit, különösen a figyelmet és az önkontrollt. A gyermekek ezeket a módszereket élvezik, és az általuk kiváltott pozitív érzések növelik az intrinzik motivációt (Estrada, Isen és Young, 1994).

Az agy-számítógép interfész technikák egy új eszköztárat biztosítanak a fejlesztő szakembereknek, és napjainkra egyre több a nem csak kutatók számára elérhető eszköz. Az egyik ilyen eszköz az Emotive Epop + EEG készülék, amely amellett, hogy könnyű használni, számos kutatásban bizonyult megbízhatónak.

### Irodalom

- A Nemzeti Köznevelésről szóló, 2011. évi CXCV törvény.* Letöltés: 2019.01.04. Web: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1100190.TV>
- Antle, A. N., Chesick, L., Levisohn, A., Sridharan, S. K. és Tan, P. (2015). Using neurofeedback to teach self-regulation to children living in poverty. *In Proceedings of*

- the 14th International Conference on Interaction Design and Children.* (pp. 119-128.)
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Publishing.
- Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback (2008). Letöltés: 2019.01.04. Web: <https://www.aapb.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=1>
- Başar-Eroglu, C., Başar, E., Demiralp, T. és Schürmann, M. (1992). P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels. A review. *International Journal of Psychophysiology*, 13(2), 161-179.
- Başar, E., Schürmann, M., Başar-Eroglu, C. és Karakaş, S. (1997). Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory. *International journal of psychophysiology*, 26(1-3), 5-29.
- Blaiech, H., Neji, M., Wali, A. és Alimi, A. M. (2013). Emotion recognition by analysis of EEG signals. In *13th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2013)* (pp. 312-318.)
- Cheyne, D., Bells, S., Ferrari, P., Gaetz, W. és Bostan, A. C. (2008). Self-paced movements induce high-frequency gamma oscillations in primary motor cortex. *Neuroimage*, 42(1), 332-342.
- Choppin, A. (2000). *EEG-based human interface for disabled individuals: Emotion expression with neural networks*. Szakdolgozat. Kézirat. Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Japan.
- Emotive hivatalos weboldala. Letöltés: 2019.01.04. Web: <https://www.emotiv.com/epoc/>
- Estefánné Varga, M. és Dávid, M. (2014). *SNI tanulók támogatása IKT eszközökkel*. Eger: EKF Líceum Kiadó.
- Estrada, C. A., Isen, A. M., & Young, M. J. (1994). Positive affect improves creative problem solving and influences reported source of practice satisfaction in physicians. *Motivation and emotion*, 18(4), 285-299.
- Ducharme, P., Wharff, E., Hutchinson, E., Kahn, J., Logan, G. és Gonzalez-Heydrich, J. (2012). Videogame assisted emotional regulation training: an ACT with RAGE-control case illustration. *Clinical Social Work Journal*, 40(1), 75-84.
- Fouad, I. A. és Labib, F. E. Z. M. (2015). Using Emotiv EPOC Neuroheadset To Acquire Data In Brain-Computer Interface. *International Journal*, 3(11), 1012-1017.
- Hammond, D. C. (2005). Neurofeedback with anxiety and affective disorders. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 14(1), 105-123.
- Hanák, Zs. és Dorner, L. (2012). Jó gyakorlatok-sikeres pedagógiai innovációk Egerben. *Képzés és Gyakorlat*. 10(3-4). 177-186.
- Kandel, E. R., Schwartz, J.H. és Jessell, T.M. (2000). *Principles of Neural Science*. New York: Mc Graw Hill
- Knox, M., Lentini, J., Cummings, T. S., McGrady, A., Whearty, K., & Sancrant, L. (2011). Game-based biofeedback for

- paediatric anxiety and depression. *Mental health in family medicine*, 8(3), 195.
- Kübler, A., Kotchoubey, B., Kaiser, J., Wolpaw, J. R., és Birbaumer, N. (2001). Brain–computer communication: Unlocking the locked in. *Psychological bulletin*, 127(3), 358.
- Kvaszingerne Prantner, C. és Emri, Z. (2018). Hogyan támogatható a tanulás vizsgálat Emotiv EPOC EEG eszközzel? In Nádasi, András (szerk.) *A digitális átállás a tanulást élménnyé teszi.* (pp. 157-165). Eger: EKE Líceum Kiadó
- Lalor, E., Kelly, S. P., Finucane, C., Burke, R., Reilly, R. B. és McDarby, G. (2004). Brain computer interface based on the steady-state VEP for immersive gaming control. *Biomed. Tech*, 49(1), 63-64.
- Lekova, A., Dimitrova, M., Kostova, S., Bouattane, O. és Ozaeta, L. (2018). BCI for Assessing the Emotional and Cognitive Skills of Children with Special Educational Needs. In *2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology (CiSt)*. (pp. 400-403.)
- Lin, Y. P., Wang, C. H., Jung, T. P., Wu, T. L., Jeng, S. K., Duann, J. R. és Chen, J. H. (2010). EEG-based emotion recognition in music listening. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57(7), 1798-1806.
- Liu, Y., Sourina, O. és Nguyen, M. K. (2011). Real-time EEG-based emotion recognition and its applications. In: Gavrilova, M. L. & Tan, CJ, K. (szerk.) *Transactions on computational science XII.* (pp. 256-277). Berlin: Springer
- Martínez, F., Barraza, C., González, N. és González, J. (2016). KAPEAN: Understanding Affective States of Children with ADHD. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 18-28.
- Mező Ferenc (2018): *Fejlesztő pedagógia - Elmélet és gyakorlati példatár a képességfejlesztés köréből.* K+F Stúdió Kft., Debrecen
- Middendorf, M., McMillan, G., Calhoun, G. és Jones, K. S. (2000). Brain-computer interfaces based on the steady-state visual-evoked response. *IEEE transactions on rehabilitation engineering*, 8(2), 211-214.
- Mind-Full hivatalos weboldala. Letöltés: 2019.01.05. Web: <http://www.mindfullapp.ca/>
- Müller, M. M. és Keil, A. (2004). Neuronal synchronization and selective color processing in the human brain. *Cognitive Neuroscience*. 16, 503–522.
- NeuroSky hivatalos weboldala. Letöltés: 2019.01.04. Web: <http://neurosky.com/biosensors/eeeg-sensor/biosensors/>
- Pineda, J. A., Silverman, D. S., Vankov, A. és Hestenes, J. (2003). Learning to control brain rhythms: making a brain-computer interface possible. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 11(2), 181-184.
- Ramirez, R. és Vamvakousis, Z. (2012). Detecting emotion from EEG signals using the emotive eproc device. In *International Conference on Brain Informatics* (pp. 175-184). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Scherer, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social science information*, 44(4), 695-729.

Szirmai, I. és Kamondi, A. (2011). Kognitív zavarok vizsgálata EEG-vel. *Ideggyógyászati Szemle*, 64(1-2), 14-23.

Wolpaw, J. és Wolpaw, E. W. (Szerk.). (2012). *Brain-computer interfaces: principles and practice*. OUP USA.