

## Képfeldolgozás folyamata az EEG neuroesztétikai vizsgálatában

Béres Mónika<sup>1</sup>, Dr. Vassányi István (PhD)<sup>2</sup>, Dr. Fabio Babiloni (PhD)<sup>3</sup>,  
Ing. Giovanni Vecchiato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Orvosi Laboratóriumi és Képkalkotó Diagnosztikai Tanszék, Debrecen

<sup>2</sup> Pannon Egyetem, Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék, Veszprém

<sup>3</sup> Department of Physiology and Pharmacology, Sapienza University of Rome, Italy

A neuroesztétika egy viszonylag új tudományterület, mely neurológiai alapon próbálja megmagyarázni és megérteni az egyes művészi alkotások hatására kialakuló esztétikai élményt. A legtöbb ilyen jellegű vizsgálat esetében használható az fMRI (funkcionális mágneses rezonanciás képkalkotás), a MEG (magneto-enkefalográfia) és az EEG (elektro-enkefalográfia). Mobilizálhatóság, illetve költség-hatékonyság szempontjából az EEG alkalmazása a legelőnyösebb. Az EEG egy olyan mérési eljárás, mely a neuronok valós idejű elektromos aktivitásának regisztrálására szolgál. Az ilyen jellegű vizsgálatok az agy kóros folyamatainak diagnosztizálását is segíthetik.

A kutatás célja az volt, hogy 30 egészséges kísérleti személy részvételével 2 festő képeinek neuronális esztétikai hatását keressük az agyban, EEG mérések felhasználásával, valamint a különböző tematikájú képek hatásának agykérgi különbségeit felfedjük.

A jelfeldolgozás Matlab környezetben történt. Az EEG rekordból PSD (teljesítmény- sűrűség spektrum), és Z érték számítását követően, Tiziano képei esetében a vallási képek és portrék, Vermeer képei esetében a tájképek illetve portré képek közötti különbségeket elemeztük.

A kapott eredményekből potenciáltérkép készült, valamint az eredmények neurológiai szemszögből is elemzésre kerültek.

*Image processing of neuro-aesthetics in EEG study*  
*The neuro-aesthetics is a relatively new area of science, which neurophysiologically tries to explain and understand the emotional and mental effects of certain artworks on a neuronal level.*

*The most common method used in this kind of investigations are fMRI (functional magnetic resonance imaging), MEG (magneto-encephalography). Due to the fact that EEG is easily mobilized and cheaper to run, it is used more than other methods. The EEG is a measuring method, which provides a real-time recording of the electrical activity of neurons. These studies can also help to diagnose brain pathological processes.*

*The aim of the study – where 30 healthy individuals were shown several paintings from two different painters – was to see the neuronal aesthetic effects, by using EEG and also to discover cortical differences in the impact of different themed images.*

*The signal processing was done in Matlab environment. After the EEG records have been computed PSD (power spectral density) and Z-value, and we have analysed the differences between religious pictures and portraits from Tiziano, and landscapes and portraits from Vermeer. From the results the potential map was computed, and were analysed in neurological perspective too.*

### BEVEZETÉS

A neuroesztétika viszonylag új tudományterület, mely az empirikus esztétika szub-diszciplinájaként vált ismertté. Az empirikus esztétika tudományága a neuronális felfogást célozza meg, többek között a művészet és a zene hatását tanulmányozva. Elnevezése Zeki [8] nevéhez köthető. Mint „neuroesztétika” a hivatalos elnevezést 2002-ben kapta, egy tudományos vizsgálat során, mely a neuronális aktivitást térképezte föl a műalkotás megfigyelése alatt, ezáltal próbálva megmagyarázni az esztétikai élményt, mely az egyes művészi alkotások hatására alakul ki az agyban neuronális szinten [6].

Az agykutatások jelentős részét képezik az agyon belüli funkcionális, illetve az agy hemodinamikai változásait megfigyelő vizsgálatok. A vizsgálatok jelentős részében az fMRI-t (funkcionális mágneses rezonanciás képkalkotás) használják [3]. Az agyi aktivitások esetében neuroelektromos, illetve neuromagnetikus korreláció figyelhető meg, sok esetben ezért a MEG (magneto-enkefalográfia) és az EEG (elektro-enkefalográfia) is használatos, mint agyi képkalkotó eszköz [5]. A legtöbb ilyen jellegű vizsgálat esetében az fMRI és a MEG a mobilizálhatóság valamint a költség-hatékonyság szempontjából alul marad az EEG-vel szemben. Az EEG egy olyan mérési eljárás, mely a neuronok valós idejű elektromos aktivitásának regisztrálására szolgál.

### A munka közvetlen előzménye:

Fabio Babiloni és munkatársai a Római La Sapienza Egyetemen 2013 tavaszán egy EEG tanulmányt végeztek a Római Művészeti Galériában, melyben összesen 30 egészséges személy J. Vermeer (1632-1675), valamint Tiziano (1510-1576) festményeit nézte végig, miközben EEG monitorozás történt. A két kísérletben 20 személy volt azonos, esetenként 25-25 személy jutott egy-egy festőre. Tiziano esetében az átlagéletkor 34.46±9.95 év, (14 nő), Vermeer

esetében az átlagéletkor  $34.04 \pm 10.61$  év (ebből 12 nő) volt. A két művész esetén a képeket sorszámozták, valamint a tematikájuk szerint csoportokba sorolták: Tiziano vallási képei: 9 db, portré képei: 7 db, egyéb tematikájú képei: 4 db, összesen 20 db volt. Vermeer tájképei: 3 db, portré képei: 4 db, egyéb tematikájú képei: 10 db, összesen 17 db.

A vizsgálat különlegessége a korábbi hasonló vizsgálathoz képest az volt, hogy nem laboratóriumi körülmények között, hanem közvetlenül a képiállítást színhelyén, tehát valós helyzetben történt az EEG monitorozás. Kutatásuk célja az volt, hogy a képek figyelése közben kialakult neuroesztétikai hatást, főleg a prefrontális kéregre fókuszálva, az aktiválódott területek agyi aszimmetriáját meghatározzák Vermeer festményeinél.

A jelfeldolgozás során a jobb oldali frontális elektródákon és a bal oldali frontális elektródákon mért értékek különbségét számították. Ennek eredménye egy „aszimmetria indexmutató” lett, amit a verbális válaszok eredményével, az ún. „kellemességi értékkel” korreláltak [1].

## CÉLKITŰZÉS

Célkitűzésünk volt a fenti mérés-sorozat során felvett EEG rekordok alapján további összefüggések vizsgálata, elsősorban a képek témájának és az agyi aktivitás regionális megoszlásának az összevetése nem csak egy festő (Vermeer), hanem mind a két festő képeinek a neurológiai hatását keresve.

A kutatás hipotézise az, hogy a különböző tematikájú képek más neurológiai hatással bírnak az agyi neuronális aktivitás tekintetében. Az egyik festő (Tiziano) festményeinél a vallási illetve portré képek neuronális hatásának a különbségeit, Vermeer esetében pedig a tájképek, illetve a portré képek hatásának a különbségeit kerestük.

## MÓDSZEREK

Mintavételezés: a felvételek készítésére egy 19 csatornás hordozható EEG készüléket használtak (típus: BEmicro, gyártó: EBneuro). Az EEG elektródák helyzete a nemzetközileg elfogadott 10-20-as rendszer szerint volt, az Fpz elektróda volt a referencia. Az elektródák impedancia értéke  $5 \text{ k}\Omega$ , a mintavételi frekvencia  $256 \text{ Hz}$  volt. A nyers EEG adatokon  $2 \text{ Hz}$  alsó, és  $30 \text{ Hz}$  felső határfrekvenciával sávszűrést végeztek, valamint ICA-át, azaz független komponens analízist alkalmaztak a felesleges zavaró hatások csökkentésére, melynek a lényege, hogy lineáris transzformáció után minimalizálja a statisztikai függőséget az összetevői között. [2]

Az adatfeldolgozási folyamat elsősorban az irodalomban ismertetett, hasonló vizsgálatokban már bevált lépésekből állt, esetünkben ezek a következők voltak:

### • Adatok ellenőrzése

Egyes alanyok esetében 1-1 elektróda alatti potenciálváltozás értékei a nagymértékű zaj zavaró hatása miatt vizuális ellenőrzés után kizárásra kerültek.

### • PSD számítása

Az összes EEG felvétel minden csatornájára külön-külön kiszámolódott a mért jel PSD értéke. A különböző alanyoktól származó, egy képhez tartozó PSD függvényeket csatornánként átlagoltuk, így a képre és csatornára jellemző PSD függvényt, illetve sávonként a függvény átlag értékét kaptuk meg.

### • PSD-ből Z érték számítása

Az adatok normalizálása. A PSD számítást követően minden egyes alany esetén kivontuk a háttér (folyosón mért EEG-ből számított PSD) átlagát és osztottuk a háttér EEG-rekordok szórásával, az alábbi képlet alapján:

$$Z\text{-score} = (\text{PSD kép} - \mu \text{ PSD háttér}) / \sigma \text{ PSD háttér},$$

ahol a  $\mu$ : átlag,  $\sigma$ : szórás

A háttérrel Tiziano esetében az I. sz. Folyosón mért nyugalmi EEG, Vermeer esetében a II. sz. Folyosón mért EEG szolgáltatva.

### • PSD és Z érték rekordjainak log 10 számítása

### • Képek különbségeinek számítása

Minden egyes alany esetén kiszámoltuk a különböző tematikájú képcsoportokra az elektródák alatti aktivitás-változást, és ezek átlagát használtuk, majd a két különböző téma különbség számítása után megkaptuk a 19 elektróda alatti átlag értékeket az EEG sávokban.

• **Küszöbérték megállapítása**, a küszöbértéket meghaladó (kiugró) képek kizárása bar graph alapján A 19 elektróda aktivitás értékét a theta és alfa sávban minden egyes alany esetén oszlop diagrammal (bar graph) ábrázoltuk. Az x tengelyen a 25 alany, az y tengelyen a 19 elektródán mért aktivitás csoportosítva, a negatív illetve a pozitív elektróda aktivitások külön elemezve, és a két csoportból a pozitív és negatív átlagérték és szórás lett számolva. Tehát 1 alany esetén 0-tól felfelé a pozitív elektródák átlagértéke, a 0-tól lefelé a negatív elektródák átlagértékét ábrázoltuk (lásd 1. ábra).

Az alsó és felső küszöbértékeket a következők szerint határoztuk meg:

- a felső küszöbérték a bar-graphos elemzésnek megfelelően a pozitív értékkel rendelkező elektróda aktivitások szórása és átlaguk összege az összes alanyra nézve,
- az alsó küszöbérték pedig negatív értéket adó elektróda aktivitások szórása és átlaguk különbsége.

### • A küszöbértéket meghaladó (kiugró) alanyok kizárása bar graph alapján

Azon alanyok esetén, ahol a pozitív elektródaaktivitások, illetve negatív elektródaaktivitások a küszöbértéket túllépték, a képek további elemzése történt: a különböző tematikájú képek bar-graphos ábrázolásánál szintén átlag, illetve

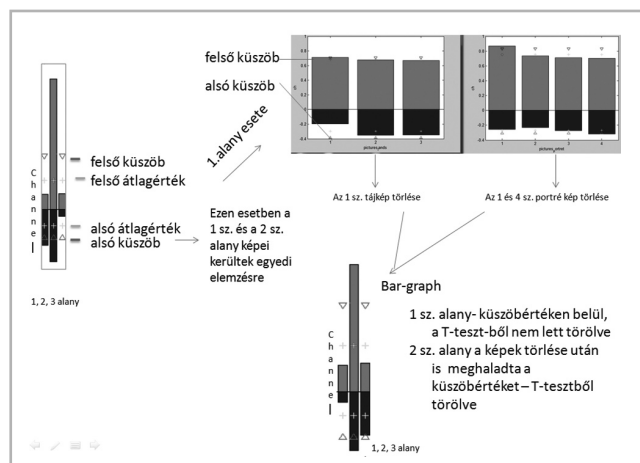
szórás, valamint küszöbérték megállapítása történt az előzőkhöz hasonlóan a 19 elektróda aktivitásnak megfelelően és a küszöböt meghaladó képeket kizártuk az elemzésből.

Ezek után ismét megnéztük a két képcsoport által kapott aktivitás különbség bar graphos ábrázolását az eredeti küszöbértékkel. Amint a 1. ábra mutatja, azon alanyok, ahol az elektróda aktivitás még a kizárt képek után is meghaladta a küszöb értéket, kizárásra kerültek a végleges T-teszt, illetve potenciáltérkép ábrázolása előtt.

**T-teszt számítása a képek tematikája alapján**

A 2 mintás T-próba számítását követően a szignifikáns értékeket a Bonferroni korrekciós függvényvel is kiértékeljük. A két mintát Tiziano esetében a portré és vallási képek, Vermeer esetében a portréképek és a tájképek által kialakult agyi potenciálváltozás átlagának a rekordjai adták.

**Potenciáltérképek készítése**



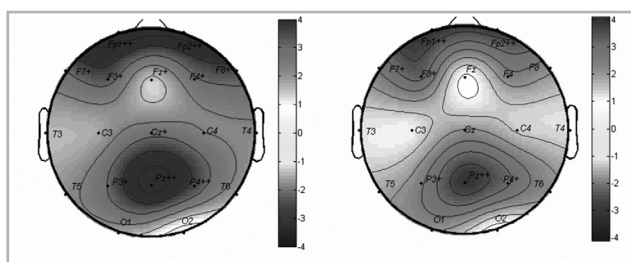
**1. ábra**  
A küszöbértéket meghaladó alanyok képeinek, majd az alanyok kizárásának folyamata.

**EREDMÉNYEK**

A T-teszt számítását követően a T-teszt szignifikáns értékeit felhasználva vizuális térképeket készítettünk, melyek a koponyán belüli elektróda aktivitások pontosabb megértését segítik (lásd 2. ábra). A képek a 19 elektróda alatti potenciálértéket, illetve potenciálváltozást mutatják, mindkét festő képeinél az EEG alfa ill. theta tartományában, egységes színpaletta tartományt választva (-4 és +4 határokkal interpoláció nélkül). Tiziano esetében a T-teszt eredményének potenciál térképe (Z érték és PSD adatokból) (2. ábra).

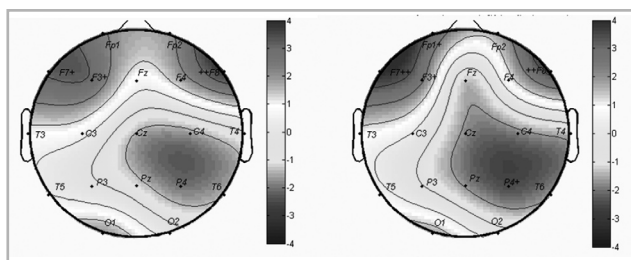
A szignifikáns régióknál +, illetve nagyon erős szignifikancia esetén ++ jelölés látható. Mindkét esetben jelentős szignifikancia észlelhető az Fp1, Fp2 és Pz elektródák alatt. Kevésbé szignifikáns területek a Z értékekből számított potenciáltérképnél az F7, F3, Fz, F4, F8, P3, a PSD-ből számított potenciáltérképnél pedig az F7, F3, P3, P4.

Ezen esetekben a vallási képekkel szemben a portrék nagyobb aktivitást mutattak a frontális (homlok) lebeny kérgi ré-



**2. ábra**  
T-teszt eredményének potenciáltérképe – a.) Tiziano Z értékei [alfa sáv], b.) Tiziano PSD értékei [alfa sáv]

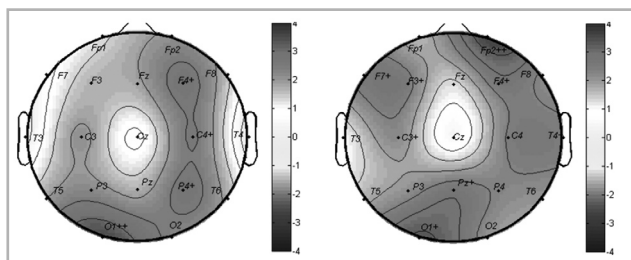
szében, mindkét oldalon, valamint a parietális lebeny (falcsoni kéreg) középvonalis részén. A korábbi kutatások alapján a frontális kéregben található az emocionális hatás agyi reprezentációja, míg a parietális kéregállományához köthetők az ún. gnosticus (érzékszervi felismerési) funkciók, tehát ez a tárgyak és szimbólumaik felismerésének agykérgi színtere. Vermeer esetében a T-teszt eredményének potenciál térképét (Z érték és PSD- adatokból alfa sáv) a 3. ábra mutatja.



**3. ábra**  
T-teszt eredményének potenciáltérképe – a.) Vermeer Z értékei [alfa sáv], b.) Vermeer PSD értékei [alfa sáv]

Vermeer Z érték, és PSD adataiból számított T-teszt eredménye: szignifikáns területek mindkét esetben az F7, F3, valamint az F8 elektróda alatti régiókban. A PSD adatok esetén pedig a P4 szignifikancia is jelentős, ami negatív értéket mutatott. Tehát a portré képek a tájképekkel szemben a legkifejezőbb eltérés szintén a homloklebeny elülső részére lokalizálhatók.

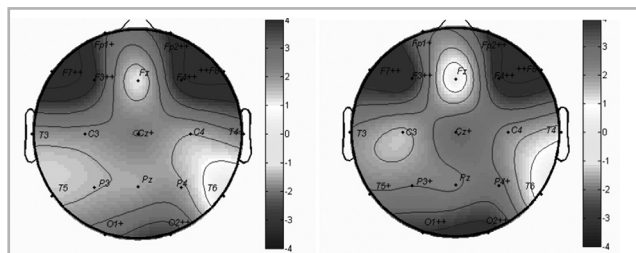
Az EEG theta sáv szélesség tartományában a következők az eredmények: Tiziano esetében a Z érték és PSD adatok potenciáltérképeit a 4. ábra mutatja:



**4. ábra**  
T-teszt eredményének potenciáltérképe – a.) Tiziano Z értékei [theta sáv], b.) Tiziano PSD értékei [theta sáv]

Mindkét esetben a bal occipitális (nyakszirti) kéreg O1 elektróda alatti szignifikancia látható, mely leginkább a látás kérgi reprezentációs területének feleltethető meg. Vermeer

esetében a Z érték és PSD adatok potenciáltérképei az 5. ábrán láthatóak:



**5. ábra**  
T-teszt eredményének potenciáltérképe – a.) Vermeer Z értékei [théta sáv], b.) Vermeer PSD értékei [théta sáv]

Vermeer esetében a theta sáv szélességében nagyon jelentős szignifikáns területek találhatók a frontális lebony mindkét oldalán, valamint a nyakszirti lebony területén.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Összességében megállapíthatjuk, hogy az erősen szignifikáns területek megerősítik az agyi régiók korábbi kutatásokból származó funkcionális felosztását. Az alfa sáv szerinti elemzés esetén mind a két festő képeinél a frontális területek fokozott aktivitása kiemelkedő. Ez összhangban van Winecoff és munkatársai tanulmányával az emocionális ha-

tások agyi reprezentációjáról [7], valamint Lengger tanulmányával [4], melyek szintén a bal frontális lebony neuro-esztétikai jelentőségét emelik ki.

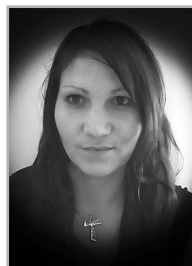
Az EEG théta sávjában Tiziano festményeinél a bal nyakszirti kéreg O1 elektróda alatti területének szignifikanciája, hasonló módon Vermeer esetén a nyakszirti lebony szignifikanciája látható. Ez a terület elvárásainknak megfelelően a látás kérgi reprezentációs területének feleltethető meg.

A fali lebony középvonalai része inkább Tiziano festményeinél mutat nagyobb szignifikancia értéket. Erre a területre lokalizálható a tárgyak, szimbólumok felismerése. A valási témájú képek kontra portré képek esetén ez a terület aktívabbnak bizonyult, ami magyarázható a vallási képeken ábrázolt tartalmi összefüggéssel. A vallási képekre személyek, illetve egy-egy vallási tematikájú pillanat megörökítése jellemző. Ugyanakkor Vermeer képeinél a tájképek kontra portré képek részleteinek gazdagsága hasonló aktivitást jelenthet a képek különbségének elemzésénél, amivel magyarázható, hogy a fali lebony kevésbé lett szignifikáns ebben az esetben. Vermeer képei esetén a frontális lebony erőteljesebb aktivitása szembevetendő. Az ok lehet a különböző háttér is (egyik esetben az 1. számú folyosó, a másik festő esetében a 2. számú folyosó). A két festőhöz tartozó különböző, illetve kis mértékben különböző aktivitási területek pontosítása további vizsgálatok tárgya lehet.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Babiloni F., Cherubino P., Graziani I., Trettela., Infarinato F., Picconi. D, Borghini G., Maglione A. G., Mattia D. And Vecchiato G.: Neuroelectric brain imaging during a real visit of a finearts gallery: a neuroaesthetic study of XVII century Dutch painters, Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2013), 6179 – 6182.
- [2] Comon P.: Independent Component Analysis: a new concept? Signal Processing, 36 (3):287–314.(1994):”
- [3] Di Dio C., Gallese. V: Neuroaesthetics: a review, Neurobiology, 2009, 19: 682–687.
- [4] Lengger P.G et al.: Functional neuroanatomy of the perception of modern art: A DC-EEG study on the influence of stylistic information on aesthetic experience, Brain Res. 2007, 1158: 93-102.(2007)
- [5] M. Umiltaa. et al: Abstract art and cortical motor activation: an EEG study, Front. Hum. Neurosci, 6:311.(2012)
- [6] Nalbantian S.: Neuroaesthetics: neuroscientific theory and illustration from the arts Interdisciplinary, Science Reviews, 2008, 33(4): 357–368.
- [7] Winecoff A., Clithero J.A., Carter R.M., Bergman S.R., Wang L., Huettel S.A.: Ventromedial prefrontal cortex encodes emotional value, J Neurosci, 2013, 33(27):11032-9.
- [8] Zeki S: Art and the brain, J. Conscious. Stud, 1999, 6, 76–96.

## A SZERZŐK BEMUTATÁSA



**Bérés Mónika** Királyhelmeceen született, a Rozsnyói Egészségügyi Szakközépiskola elvégzése után az egészségügyben helyezkedett el, közben egy levelezős képzésben mikrobiológus-technikus oklevelet szerzett az ELTE-én. 2011-ben képalkotó diagnosztikai analitikusi (BSc) diplomát szerzett Debrecenben. Az egyetemi éveit a Debreceni

Egyetem Orvosi Laboratóriumi és Képalkotó Diagnosztikai Tanszékén orvosi képek utólagos feldolgozásával, strukturált lelelezés megvalósításával, valamint a Föld mágneses térén való mérések optimalizálásával foglalkozott. Részt vesz az oktatásban és az e-learning tananyagfejlesztésben is. 2012-ben folytatta tanulmányait a Pannon Egyetem mérnök-informatikus MSc levelező képzésen, ahol 2014-ben államvizsgázik. 2013-tól az MRAE (Magyar Radiológus Asszisztensek Egyesülete) alelnökeként tevékenykedik.

**Dr. Vassányi István** bemutatása lapunk XII. évfolyamának 5. számában olvasható.