

119587: Automatikus és feladatfüggő információ-feldolgozás: változásdetekció feladathelyzetben

A kutatások centrumában az eseményhez kötött potenciálok vizuális eltérési negativitás (vEN) összetevője állt. Az uralkodó elmélet szerint a vEN mögött álló folyamatok szerepe események sorozatában a szabályosságok automatikus regisztrációja, majd a szabályosságokat megszegő események (szintén automatikus) detekciója [1]¹ A beszámolóban a vEN-hez kapcsolódó kutatásokat öt részben mutatjuk be: 1. Módszertan; 2. A vEN sajátosságai; 3. A vEN lokalizációja; 4. Transzláció-jellegű vizsgálatok; 5. Összefoglaló publikációk. Külön részen tárgyaljuk a pályázat elterelő vizuális és akusztikus modalitásban végzett kutatásait.

I. Vizuális eltérési negativitás vizsgálatok.

1. Módszerek

a.) Az EKP kutatások egyik módszertani nehézsége a gyakori ingerekre esetlegesen megjelenő adaptációs hatás (az eseményekhez kötött potenciálok (EKP) amplitúdó csökkenése) és a ritka ingerekre mutatózó többlet aktivitás („valódi” vEN) elkülönítése. Az egyik módszer az „azonos valószínűségi kontroll” pl. [2], azonban ennek elméleti problémái miatt kialakítottuk az alacsony szintű adaptáció „Offset-Onset” módszerét, ahol a változások objektumok egy részének időleges eltűnése. A gyakori-ritka változások eltérése megbízható EKP-t váltott ki. (Sulykos, Gaál és Czigler, 2017; Czigler, Sulykos, File, Kojouharova, Gaál (2019). E módszert több vizsgálatunkban alkalmaztuk.

b.) Az ismétlődő (sztenderd) ingerek adaptáció kapcsán csökkenő, általánosan feltételezett amplitúdó csökkenését vizsgáltuk (Stefanics, Heinze, Czigler, Valentin, Klaas, 2020)². Az eredmények gyors csökkenést mutató, exponenciális folyamatra utalnak, ami felveti, hogy az adaptáció – legalább is a vizuális modalitásban – kevésbé járul hozzá a devinás-standard EKP különbséghez.

c.) Az vEN kutatásokban a változásdetekció automatikus jellegének biztosítására a vEN-hez tartozó ingerek mellett az irodalom különböző feladatokat alkalmaznak, melyek különböző fokban képesek elvonni a figyelmet. Vizsgálatunkban feladat-típusok hatását vetettük össze az irodalomban gyakori (pl. [3]) arc-emóció ingereknél. Eredményeink szerint (Petro, Kojouharova, Gaál, Czigler (előkészületben) az elterelés hatékonysága lényegesen befolyásolja az eKP-t, szigorú kontroll esetében (vizuális követés) el is tüntetheti.

2. A vEN sajátosságai

a.) A vEN és a téri figyelem kapcsolatában elvégzett vizsgálatink (File, Sulykos, Czigler, 2018; File és Czigler, 2018) a fentebb említett Offset-Onset eljárást alkalmaztuk, mint a feladat szempontjából irreleváns eseményeket. A feladat folyamatos figyelmi működést igénylő

¹ Számokkal a pályázathoz nem tartozó referenciákat jelezzük, a pályázathoz tartozó referenciákat szerző névvel idézzük.

² Több külföldi intézettel együttműködve.

összemérési feladat volt, melyben a feladathoz kötődő események vagy a vEN ingereinek közelében, vagy attól távol voltak. Az eredményeink szerint magát a vEN összetevőt nem befolyásolja a figyelt terület és az automatikus változás-detekciót kiváltó ingerek távolsága, azonban ezek közelsége a vEN-t követően olyan agyi elektromos változásokat eredményez, melyek figyelmi orientációra utalnak. A kísérletben szemmozgás regisztrációval vizsgáltuk, hogy a tekintet irányát befolyásolta-e a vEN események távolsága. Ilyen hatást nem találtunk, hatás az implicit téri figyelem körébe tartozik.

b.) A vEN mögött álló folyamatokat az uralkodó nézetek (pl [1]) a prediktív kódolás mechanizmusához kötik, amennyiben ez az EKP összetevő azt a folyamatot követi, melyben a beérkező inger együttes és a várt inger együttes módosulásai végül egymásnak megfelelő reprezentációkhoz vezetnek. Kísérletünkben (Kojouharova, File, Sulykos, Czigler, 2019) egymáshoz semmiképpen sem illeszthető gyakori (szenderd) és ritka (deváns) ingerekkel markáns vEN jelent meg. Értelmezésünk szerint ilyenkor – az eltérési negativitások egy régebbi értelmezésének [4] megfelelően az orientáció feltételeként az össze-nem-illés észlelésen kívüli hatását regisztráltuk.

c.) Az észlelő rendszere és mozgató rendszerek kapcsolatának elemzése a számos terület kutatási témája. Vizsgálatunkban a vEN megjelenését vizsgáltuk ferde vonalakból álló textúra esetében akkor, ha közben ezekkel az ingerekkel azonos vagy azoktól eltérő mozgásokat végeztek a résztvevők (Petro, Kojouharova, Gaál, Nagy, Csizmadia, Czigler, 2020). Eredményeink szerint a mozgásirány nem befolyásolta a alkotó elemek irányának eltérésre jelentkező vEN-t, de a mozgásirányt meghatározó, folyamatosan jelenlévő jelzés és a deviáns irányok eltérése megnövelte az vEN-t.

d.) Kutatásainkban a sajátságok körét a perceptuális sajátságok területén kiterjesztettük mozgó objektumoknál a mozgási idő változásainak esetére. Kísérletünkben videojáték szimuláció alatt egy pontfelhő vagy egyszerűen megjelent és eltűnt, vagy horizontálisan mozgott. A sztenderd időtartamnál rövidebb inger kiváltotta a vEN összetevőt, de mozgó ingerek esetében a kritikus időtartam nagyobb volt (Durant, Sulykos, Czigler, 2018). Megvizsgáltuk a vEN érzékenységet a sztenderd és deviáns ingerek variancia eltérésére vonalak orientációjának esetén. vEN akkor jelentkezett, ha kis varianciájú sztenderd ingerekből állt a sorozat (Durant, Sulykos, Czigler, 2017), ami megfelel az észlelési kategóriák automatikus regisztrációját mutató kísérletek eredményével [5].

e.) Kutatás sorozatot végeztünk annak elemzésére, hogy az automatikus változásdetekciót megvalósító rendszer képes-e több szekvenciális sajátságot reprezentálni, és ezek megsértését regisztrálni. Első kísérletünkben (Csikós, Petro, Kojouharova, Czigler (benyújtott kézirat) az Offset-Onset módszert alkalmazva úgy találtuk, hogy Offset ingerekre csak akkor jelenik meg vEN, ha ezek a deváns ingerek a bal oldalon jelennek meg, onset deviáns ingerekre pedig akkor, ha a jobb oldalon. Így a válasz az, hogy képes, de csak akkor, ha az eseményeket térileg elválasztja. A második kísérletben (Csikós, Petro, Czigler, előkészületben) a két szekvencia elkülönült regisztrációját az alsó és felső látótér-félben bemutatott ingerekkel vizsgáltuk. Az EKP szenzoros összetevői a látótér-felek hatásában a szokásos polaritás-fordulást mutatták, de jellegzetes vEN csak az alsó látótér-félre adott szekvencia esetén mutatkozott, jelezve e látótér-fél dominanciáját a perceptuális

feldolgozásban. A harmadik kísérletben (Csikós, Petro, Kojouharova, Gaál, Czigler, előkészületben) az Off-On módszert alkalmaztuk bilaterális ingerlással. Szemben az első kísérlettel nagyban eltérő (arc, geometriai minta) jelentek meg a mező két oldalán. Az eredmények szerint mindkét szekvenciában, az OFF és ON eseményekre is megjelent a vEN. Az automatikus rendszer tehát képes két szekvenciát regisztrálni, és detektálni mindkét esetben a szabályosság megsértését, azonban ennek feltétele, hogy a két szekvencia eseményei eltérjenek, azaz interferenciák ne lépjenek fel a szekvenciák között.

f. A vEN vizsgálatok és a változási vakság [6] kísérletek eredményei között látszólagos ellentét, hogy az előbbi terület a változások automatikus regisztrációját mutatja, az utóbbi terület eredményei viszont arra utalnak, hogy még jelentős változások is észrevétlenek maradnak, ha a változások területére nem irányul téri figyelem. Vizsgálatunkban (File, Petro, Czigler, 2022) a változási vakság vizsgálatának klasszikus ingeranyagát [7] alkalmaztuk a vEN kísérletekben szokásos sztenderd-deviáns eljárásban. Eredményeik szerint az ingerek típusának felében megjelent az vEN. Így, szemben a változási vakság vizsgálatában szokványos alternáló eljárással, az automatikus változásdetekció akkor jelenik meg, ha lehetőség van az egyik változat gyakori bemutatásával a szabályosság kialakítására.

g.) A vEN kutatásokban az utóbbi években a leggyakoribb ingertípus az ember arc volt, így az egyes érzelmek hatása pl. [3], vagy a női-férfi arcok automatikus megkülönböztetése. Vizsgálatunkban a „saját életkor hatást” vizsgáltuk: számos emlékezeti működést elemző kutatás kimutatta, hogy fiatalok fiatal, idősek idősebb arcokra emlékeznek jobban pl. [8]. Vizsgálatunkban kérdése (Csizmadia, Petro, Kojouharova, Gaál, Scheiling, Nagy, Czigler, 2021) az volt, hogy megjelennek-e hasonló hatások az automatikus változásdetekció területén. Eredményeink szerint idős személyeknél mutatkozott az arcokon bemutatott életkorral vEN hatás, amely érzékenyebben mutatkozott akkor, amikor a ritka képek saját életkoruknak megfelelő arcokat mutattak be.

3. A vEN forrás-lokalizációja

Több kísérlet elemzésekor az sLORETA módszerrel, egy esetben fMRI eljárással kísérletük meg a vEN forrás-lokalizációját. A hagyományos nézetek (pl. [9]) a vMMN generátoraként a prestriatális látókérget, valamint egyes esetekben a prefrontális kérget jelölték meg. Korábbi kísérleteik eredményei [10] a deviáns sajtságok lokalizációjának megfelelően szélesebb aktivációra mutattak. Legrészletesebb eredményeink szerint (Csikós, Petro, Kojouharova, Gaál, Czigler, előkészületben) vEN generátorok azonosíthatók a primer vizuális kéregben, pres-triatális területeken, a látás dorzális áramlatához tartozó parietális területeken, és a prefrontális kéreg több területén.

4. Útban a translációs kutatások felé.

Célunk az volt, hogy olyan módszereket dolgozzunk ki, melyek gyors (néhány perces) adatfelvétel esetén is megbízható vEN adatokkal szolgálnak.

a.) Időskori vEN változások (Sulykos, Gaál, Czigler, 2018) a elemzésére sakktábla-mintákon a sötét-világos négyzetek helyének eltérésére kialakuló vEN segítségével dolgoztunk ki

módszert. Eredményeink szerint az életkori eltérés a a vEN későbbi szakaszában mutatkozik, mely arra utal, hogy a deficit a feldolgozás egy későbbi szakaszában jelentős.

b.) Kézilabda és céllövő sportolókat hasonlítottunk össze a látótér laterális területein bemutatott ingerekkel (Petro, Lénárt, Gaál, Kojouharova, Kökény, Ökrös, Czigler, 2021). Az ingerek itt is sakktabla minták sötét-világos négyzetei helyzetének változása volt. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, van-e eltérés a periférián szélesebb területeire kiterjedő információ-felvételt igénylő sport (kézilabda) illetve a központi területre irányuló feldolgozást követelő sport (céllövés) gyakorlott sportolói között. Kézilabdázóknál lényegesen nagyobb amplitúdójú vEN-t regisztráltunk, mint céllövőknel.

5. Összefoglaló (review) munkák.

a.) Kritikai összefoglalást készítettünk azokról a kutatásokról, melyekben nem-klinikai csoportok vEN eltéréseit vizsgálták (Czigler és Kojouharova, 2022).

b.) A tágabb olvasók számára összefoglalást készítettünk a vMMN kutatásokról (Czigler, 2022).

b.) Összehasonlítottuk az akusztikus és vizuális EN sajátosságait, és a funkciójukról kialakított elméleteket (Winkler és Czigler, megjelenés alatt)³. Látási és hallási változásdetekció. In: Zsidó, A. , Lábadi B. (szerk.) Figyelem a gyakorlatban, Akadémiai Kiadó, Budapest.

II. Feladathoz nem tartozó (zavaró) ingerek hatása a teljesítményre és az eseményhez kötött potenciálokra.

Kutatásainkban egy gyors választ kívánó eljárást dolgozunk ki: Ingerek szín-váltásakor egy adott időn belül színváltozásokra kellett motoros választ adni. A zavaró ingerek időnként a színváltozással egy időben megjelenő sematikus arcok voltak. A kísérletben fiatal és idős személyek csoportja vett részt (Kojouharova, Gaál, Nagy, Czigler, 2020)⁴. A zavaró ingerek mindkét korcsoportban hosszabb reakcióidőt eredményeztek, de a zavaró ingerek hatása két korcsoportban jelentősen eltért. Az idősebb csoportban a zavaró hatás az eseményhez kötött potenciálok egy korai szakaszában jelentkezett, és elemibb észlelési folyamatokat is érintett, míg a fiatal csoportban poszt-perceptuális hatások domináltak.

III. Vizsgálatok az akusztikus modalításban.

Idős és fiatal felnőttek agyi elektromos aktivitásának vizsgálatával - az eseményhez kötött potenciálok módszerével - megmutattuk, hogy az egymást rövid időn (kb. 200 ms) belül követő akusztikus eseményeket a hallórendszer összekapcsolva - egyetlen egységként - reprezentálja. Amennyiben ezek az hangesemény párok ritkák a hangkörnyezetben jellemzően előforduló hangesemények között, akkor a ritka eseménypár megjelenése kiváltja az eltérési negativitás EKP komponenst. A komponens azonosítására az adott lehetőséget, hogy a eltérési negativitás az idős személyek esetében késve jelent csak meg. Ez az eredmény arra enged következtetni, hogy az egymást követő ingerek esetében

³ Közösen az NKFIK 132642 pályázattal.

⁴ Az NKFIH 115457 programmal közös munka.

megfigyelhető negatív EKP eltérés magyarázatára alkotott korábbi elmélet - az ún. látens gátlás elmélete téves. A feldolgozás időskori lassulása, amit az eltérési negativitás késése mutat, az időskorban jelentkező csökkent beszédértési teljesítmény egyik lehetséges oka lehet.

Tudományometriai összefoglaló

Megjelent nemzetközi folyóiratokban 16 publikáció (előkészületben 4). E munkákról nemzetközi kongresszusokon beszámoltunk.

A megjelent publikációk eloszlása: L1: 4, Q1: 6, Q2: 3 Q3:2

Összeített impact factor: 52,567

Magyar nyelvű közlemények: 2 (1 ebből sajtó alatt).

Irodalom

A pályázat publikációi

Czigler, I. (2022) A látás rejtett intelligenciája Magyar Tudomány, 183, 768-779.

Czigler, I., Kojouharova, P. (2022). Visual Mismatch Negativity: A Mini-Review of Non-pathological Studies With Special Populations and Stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 781234.

Czigler, I., Sulykos, I., File, D., Kojouharova, P., & Gaál, Z. A. (2019). Visual mismatch negativity to disappearing parts of objects and textures. *Plos One*, 14(2), e0209130.

Csikós, N., Petro, B. (előkészületben). Lower half-field dominance in detecting deviances in simultaneously presented sequences (előkészületben)

Csikós, N., Petró, B., Kojouharova, P., Gaál, Z.A., Czigler I. (előkészületben). Visual mismatch negativity to simultaneous presented sequences.

Csikós, N., Petro, B., Scheiling, K., Gaál, Z.A. Czigler, I. (lektorálás alatt). Automatic processing of interwoven oddball sequences: visual mismatch negativity to OFF and ON stimuli.

Csizmadia, P., Petro, B., Kojouharova, P. Gaal, ZA., Scheiling, K., Nagy, B., Czigler, I. (2021), Older Adults Automatically Detect Age of Older Adults' Photographs: A Visual Mismatch Negativity Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 707702.

Durant, S., Sulykos, I., & Czigler, I. (2017). Automatic detection of orientation variance. *Neuroscience Letters*, 658, 43–47.

Durant, S., Sulykos, I., & Czigler, I. (2018). Automatic detection of the duration of visual static and dynamic stimuli. *Brain Research*, 1686, 34–41.

File, D. Petro, B., Gaál, Z.A. Czigler, I (2022). Automatic change detection: Mismatch negativity and the now-classic Rensink, O'Reagan and Clark (1997) stimuli. *Frontiers in Psychology*, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.97571>

File, D., & Czigler, I. (2018). Automatic detection of violations of statistical regularities in the periphery is affected by the focus of spatial attention: A visual mismatch negativity study. *European Journal of Neuroscience*. 49, 1348-1365.

File, D., Sulykos, I., & Czigler, I. (2018). Automatic change detection and spatial attention: a visual mismatch negativity study. *European Journal of Neuroscience*, 52, 4423-4431.

Kojouharova, P., File, D., Sulykos, I., & Czigler, I. (2019). Visual mismatch negativity and stimulus-specific adaptation: the role of stimulus complexity. *Experimental Brain Research*. 237, 1179-1194.

Kojouharova, P., Gaál, Z. A., Nagy, B., & Czigler, I. (2020). Age effects on distraction in a visual task requiring fast reactions: An event-related potential study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 12., 596047.

Petro, B., Lenart, A., Gaal, Z.A., Kojouharova, P., Kokeny, T., Okros, Czigler, I. (2021). Automatic detection of peripheral stimuli in shooters and handball players: an event-related potential study. *Experimental Brain Research*, 239, 1531-1538.

Petro, B., Kojouharova, P., Gaál, Z. A., Nagy, B., Csizmadia, P., & Czigler, I. (2020). The effect of hand motion and object orientation on the automatic detection of orientation: A visual mismatch negativity study. *Plos One*, 15, e0229223.

Stefanics, G., Heinzle, J., Czigler, I., Valentini, E., & Stephan, K. E. (2018). Timing of repetition suppression of event-related potentials to unattended objects. *European Journal of Neuroscience*. 52, 4432-4441.

Sulykos, I., Gaál, Z. A., & Czigler, I. (2017). Visual mismatch negativity to vanishing parts of objects in younger and older adults. *Plos One*, 12(12), e0188929.

Sulykos, I., Gaál, Z. A., & Czigler, I. (2018). Automatic Change Detection in Older and Younger Women: A Visual Mismatch Negativity Study. *Gerontology*, 64, 318–325.

Volosin, M., Czigler, I., Horvath, J. (2021). Pre-attentive auditory change detection for rapid auditory transient combinations: Insight from age-related processing changes. *Biological Psychology*, 159, 108024.

Winkler, I., Czigler, I. (sajtó alatt) Látási és hallási változásdetekció. In: Zsidó, A., Lábadi, M. (Szerk.), *Figyelem a gyakorlatban*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Hivatkozott irodalom

- [1] Stefanics, G., Kremlacek, J., Czigler, I. (2014). Visual mismatch negativity: a predictive coding view. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 666.
- [2] Czigler, I., & Balázs, L. (2005). Age-related effects of novel visual stimuli in a letter-matching task: an event-related potential study. *Biological Psychology*, 69, 229–242.
- [3] Stefanics, G., Csukly, G., Komlósi, S., Czobor, P., & Czigler, I. (2012). Processing of unattended facial emotions: A visual mismatch negativity study. *NeuroImage*, 59, 3042–3049.
- [4] Näätänen, R., & Winkler, I. (1999). The concept of auditory stimulus representation in cognitive neuroscience. *Psychological Bulletin*, 125, 826–859.
- [5] Czigler, I. (2013). Visual Mismatch Negativity and Categorization. *Brain Topography*, 27, 590–598.
- [6] Simons, D. J., & Ambinder, M. S. (2005). Change Blindness. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 44–48.
- [7] Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245–277.
- [8] Rhodes, M. G., & Anastasi, J. S. (2012). The own-age bias in face recognition: A meta-analytic and theoretical review. *Psychological Bulletin*, 138, 146–174.
- [9] Kimura, M., Kondo, H., Ohira, H., & Schroger, E. (2011). Unintentional Temporal Context-Based Prediction of Emotional Faces: An Electrophysiological Study. *Cerebral Cortex*, 22, 1774–1785.
- [10] Stefanics, G., & Czigler, I. (2012). Automatic prediction error responses to hands with unexpected laterality: An electrophysiological study. *NeuroImage*, 63, 253–261.