

Arcok nemi kategorizációs folyamatainak elektrofiziológiai korrelátumai

Absztrakt

Arcok felismerésének képesség alapvető észlelési funkció. A kísérletünk célja, hogy megvizsgáljuk, hogy a szenzoros memória alkalmas-e a nemi kategóriák (férfi/nő) kódolására, illetve a kategóriák közötti váltás észlelésére. A kérdést az eseményhez kötött potenciálok (EKP) módszerével vizsgáltuk, feladat-függő kísérleti helyzetben. A különböző nemi arc ingereket figyelt kakukktojás elrendezésben mutattuk be, azaz a ritka célingerek egy gyakori arcokból álló szekvenciájában kerültek bemutatásra. A kísérleti személyek (n=14) feladatát a ritka nemi kategóriába tartozó arcok azonosítása alkotta, melyet gombnyomással jeleztek (női vagy férfi arcok változó szekvenciája; a célingerek 20 százalékos valószínűséggel jelentek meg a szekvencián belül). Az adott nemen belül az egyes képeken ábrázolt személyek különbözőek voltak. Az N170 komponens megjelenése mellett- mely az arcfeldolgozás neurális korrelátumaként ismert- a ritkán bemutatott arcok negatívabb EKP váltottak ki, mint a gyakori arcok. A 300 ms csúcs latenciával jelentkező negatív különbséget vizuális eltérési negativitás (vEN) komponensként értelmeztünk, mely a nemi kategóriák közötti váltás automatikus detekciójának idegi korrelátuma. Az alkalmazott kísérleti helyzetből adódott, hogy a célingerként bemutatott arcok előhívták a P3 komponens családot (frontális P3a ~290 ms csúcs latenciával és parietális P3b~550 ms csúcs latenciával). A férfi és női célingerekkel kiváltott válaszok között nem találtunk különbséget. Az eredmények szerint az észlelő rendszer automatikusan kódolja a nemi kategóriák közötti változást (vEN). Ehhez ki kell alakítania a nemi kategóriák reprezentációját, mely predikcióként szolgál minden arc inger megjelenésekor. A P3 komponensek megjelenése igazolja különböző figyelmi és perceptuális kategorizációs folyamatok jelenlétét, melyek már függetlenek az ingerek fizikai megjelenésétől. Összességében elmondható, hogy kísérletünkkel demonstráltuk az észlelő rendszer érzékenységét a nemi arcok diszkriminációs folyamataira.

Kulcsszavak: nemi kategorizáció, arc felismerés, vizuális eltérési negativitás, eseményhez kötött potenciálok, automatikus változás detekció, kakukktojás paradigma

Bevezetés

A kísérleti pszichológiában népszerű kutatási terület az arcok feldolgozási folyamataink vizsgálata, melynek oka valószínűsíthetően, hogy az arcok azonosításának mi magunk is szakértői vagyunk. Ekképpen minden egészséges arcpercepcióval rendelkező személy képes megkülönböztetni a bennünket körülvevő arcokat. Az arcok feldolgozásának egyik alapvető funkcionális modellje Bruce és Young (1986) nevéhez fűződik. A modell nyolc alapvető egységre osztja fel az arcok információ feldolgozását. Minden egység különböző információ feldolgozásáért felelős. {*LÁBJEGYZET 1: BRUCE-YOUNG modell felosztása: A beérkező arc input az első a strukturális kódolás egységébe érkezik, mely különböző leírásokat, reprezentációkat hoz létre, melyek nézőpont központú és nézőpont független leírásokat egyaránt lehetnek. A strukturális kódolás egységéből három további lehetséges útvonalon továbbíthat az információ. Az első az arckifejezések elemzésének folyamata, mely során az érzelmi jelzőingerek értelmezése történik (amennyiben tartalmaz a beérkező arc érzelmi információt) ezen információ már egyenesen a kognitív rendszerbe továbbíthat. Utóbbi tartalmazza az elsődleges tudásunkat a jelen arc felismerésével kapcsolatban, mint pl.: hajszín, kor, származás stb.. A második egység- mely szintén még nézőpont központú strukturális információt kap bemenetként – a száj és arc mozgásokat vizsgáló egység, elsősorban a beszéd észlelésben van szerepe, innen is egyenes út vezet a kognitív rendszerbe. A harmadik egység már nézőpont független leírást kap a strukturális kódoló egységtől, melyet kognitív rendszernek továbbít. Ezen egység az irányított vizuális feldolgozó~specifikus információkat tartalmaz, melyek segítenek az arcok kategorizációjában pl.: minden tudós szakállas. Ezzel párhuzamosan a strukturális kódolás nézőpont független leírásai az arcfelismerési egységbe jutnak, mely az ismert arcokról tartalmaz leírásokat. Ezen egység amennyiben szükséges két további egységgel is kapcsolatba léphet, a személyazonossági jegyzetek egység speciális információt tartalmaznak adott személyekről. A másik lehetséges csomópont a névgenerálás. Fontos megjegyezni, hogy minden út a kognitív rendszerbe végződik. Tehát az észlelt információk minden az arcról, személyről tárolt tudásunk ott kapcsolódik össze.}*

Jelen kutatás szempontjából releváns a strukturális kódolás szakasza, mely konfigurálja az arcokról készült leírásokat és elkészíti az arc mentális reprezentációját. A strukturális kódolás

folyamatának van egy jól ismert elektrofiziológiai korrelátuma, mely az arc bemutatását követően 170 ms-os latenciával megjelenő negatív amplitúdójú hullám (N170, Bentin, Allison és mts. 1996, Kovács, 2008). E kétoldalú hátulsó eloszlású komponens jelzi, hogy az arcok, mint alakzatok felismerése végbement. Az arcfeldolgozás egyes részfolyamatainak automatikus vagy figyelmi jellege számos kutatás témája. Ilyen terület az arcok azonosítása kategóriák szerint (pl.: férfi-nő, boldog, szomorú) vagy mint egyén felismerése. További terület az emocionális kategóriák változása vagy egyéb arc-dimenziók menti változás detekciója. Tehát a percepció folyamatok másik fontos állomása, az objektumok azonosítása mellett, az objektumok közötti változás detektálása. Kiemelt fontosságú, hogy észleljük a vizuális objektumok közötti változást is. Az automatikus változás detekció neurális mechanizmusát tükröző eseményhez kötött potenciál (EKP) komponens a vizuális eltérési negativitás (vEN; összefoglalásként lásd. Czigler, 2014). A vEN érzékeny a szabályos ingerszekvenciában (standard ingerek) megjelenő szabálytalan inger (deviáns) megjelenésére, abban az esetben is, ha az ingerek irrelevánsak a viselkedés szervezése szempontjából. A vizuális eltérési negativitás kutatásában általánosan használt kísérleti helyzet a „kakukktojás elrendezés”, melyben a gyakori azonos ingerekből álló standard sorozatban, kis valószínűséggel (pl. 20%) eltérő deviáns, azaz kakukktojás ingerek jelennek meg. A deviáns és a standard ingerek által kiváltott EKP-k közötti különbség a vEN komponens. A vEN a deviáns inger megjelenését követően 150-400 ms latenciával megjelenő poszterior eloszlású negatív amplitúdójú hullám (Czigler, Winkler, Balázs, 2002a). A standard és deviáns ingerek fizikai megjelenésének nagymértékű különbözőségével, illetve a deviáns alacsonyabb valószínűségével a vEN amplitúdója egyenesen arányos növekedést mutat (Kimura, 2011). A vEN kognitív pszichológiai magyarázata, hogy e komponens egy olyan hibajel, mely egy össze nem illési mechanizmus eredménye. Tulajdonképpen a gyakori inger szekvencia által a szenzoros memóriában kialakított mentális reprezentációtól eltérő ingerrel váltható ki. Számos kutatás irányult arra, hogy feltárja milyen ingersajátságokra érzékenyek a vEN háttérben álló agyi folyamatok. Ekképpen a vEN kiváltható a színek változásával (Czigler, Balázs, Winkler, 2002b); mozgás irányának (Pazo-Alvarez, Amenedo, Cadaveira, 2004), orientáció (Astikainen, Lillstrang, Ruusuvirta, 2008) és a téri frekvencia változásával (Heslenfeld, 2003). Továbbá több kutatási eredmény tanúskodik arról, hogy nem csupán elemi inger sajátságok változására érzékeny a rendszer, hanem a deviánsok szekvenciális kapcsolataira (Kimura, 2011), illetve a deviánsok különböző ingersajátságainak a konjukciójára (lásd összefoglalást: Czigler, 2013).

Mindemellett a vEN érzékeny a perceptuális kategorizáció folyamataira is, melyet több kutatócsoport eredményei is demonstrálnak: Athanasopoulos, Dering és munkatársai (2010) kimutatták, hogy a vEN érzékeny a színek észlelése nyomán kialakuló nyelvi kategóriák változásaira; továbbá a Gestalt szerveződési elvekre, mint például a szimmetriára (Kecskés-Kovács, Sulykos, Czigler, 2013a), illetve az emberi kezek (bal/ jobb) kategóriájának változása is kiváltja a vEN-t (Stefanics és Czigler, 2012a).

Mielőtt bevezetnénk a jelen kutatás kérdésfelvetését, a kísérleti eljárásból adódóan szót kell ejtenünk egy másik eseményhez kötött potenciál hullámról, nevezetesen a P3 komponensről (pontosabban komponensektől), illetve a hozzá kapcsolódó idegi folyamatokról. A P3 az inger megjelenése után 240-700 ms latenciával jelentkezik, pozitív amplitúdóval, temporális és parietális eloszlással. Hagyományosan figyelmi folyamatokkal és perceptuális kategorizációs folyamatokkal hozzák összefüggésbe. Az információ feldolgozás azon szakasza, melyre az ingerek fizikai megjelenésének tulajdonságai kevésbé vannak hatással. A P300 komponens „család” alkotóelemei: a frontális maximummal jelentkező P3a és a parietális maximumú P3b. Mindkettő valamilyen váratlan, ritka változás esetében jelenik meg. Alkotóeleme a P3b abban az esetben regisztrálható, ha az inger egy feladat szempontjából lényeges (cél-inger) (Polich és Kok. 1995; Polich, 2007).

A P3 komponens mögött álló folyamatok funkcionális magyarázata klinikai tapasztalatokból illetve számos kísérleti eredményekből származik. Hagyományosan kakukktójtás ingerbemutatás során a résztvevőknek meg kell különböztetni a gyakori és ritka ingereket, melyet válaszadással jelezniük kell (Molnár, 1992; Luck, 2005). A szakirodalomban nincsen konszenzus a két alkotóelems törvényszerű megjelenése és a használt feladathelyzet tekintetében. Más szóval, egyes kísérleti paradigmák eredményeképpen mindkét komponens megjelenik, máskor pedig nem. Némely kutatók szerint a P3b komponens megjelenése feladat releváns, míg a P3a feladat irreleváns helyzetben jelenik meg. Más kutató csoportok eredményei szerint, váratlan, szokatlan feladat helyzetben is megjelenik mindkét komponens. Nincsen szakirodalmi konszenzus a P3b komponens háttérben álló neurális folyamatokról illetve ezek kognitív funkcióiról sem (Donchin, 1981; Verleger, 1988; Luck 2005). Ugyanakkor tekintetbe véve a komponensek eloszlását, illetve a használt kísérleti paradigmákat, elmondható, hogy az agy hippocampus és a medio temporális lebeny területei jelentős szerepet játszanak a P3b komponens család neurális

folyamataiban. Különböző memória folyamatok, illetve a környezetről kialakított reprezentációk frissítése is ekképpen történik (Donchin, 1981; Molnár, 1992).

Jelen kutatás kérdésfeltevése, hogy az észlelő rendszer több fizikailag eltérő arcról automatikusan kialakítja-e nemi kategória reprezentációját. Feltételezéseink szerint, a szabályos inger szekvenciában megjelenő szabálytalan inger kiváltja a vizuális eltérési negativitást, mely a változásdetekció agyi folyamataihoz köthető agyi potenciál. Ennek előfeltétele, hogy a szabályos ingerszekvenciáról, egymáshoz képesti viszonyáról – női arcokról vs. férfi arcokról – kialakuljon egy emlékezeti reprezentáció, melyek önmagukban már predikciókat is kódolnak a következő vizuális objektum megjelenéséről. Minden egyes beérkező inger összemérésre kerül ezen emlékezeti reprezentációval, predikciótól eltérő esetekben egy össze nem illési válaszreakció jelentkezik, azaz a vEN. A különböző vizuális objektumok detektálásából származó információ egy közös kontinuum mentén – nemi jelleg – kategóriába rendeződik, mely információt a memória fenntartja, frissíti, tárolja. Ezen folyamatok elektrofiziológiai korrelátumai a P3 komponens család megjelenése: az anterior eloszlású P3a komponens, mely újdonság detektorként definiálható, míg a P3b komponens, mely bizonyos tanulási mechanizmusokat, kategorizációs folyamatokat tükröz. Ekképpen elvárható, hogy amennyiben az arcokra figyelünk a feladat során (relevánsak a feladat szempontjából) elvárható a P3b komponens megjelenése a kísérlet során.

Módszerek

A kísérletünkben 14 egészséges, a kísérlet célját illetően naiv fiatal felnőtt vett részt (8 nő, átlag életkoruk 22.21, SD = 2.11 év). A kísérleti személyek jobbkezesek voltak, normál vagy normálra korrigált látással rendelkeztek. A kísérleti személyek írásbeli tájékoztatást kaptak a kutatás jellegéről, mely a jelenleg érvényes etikai szabályok betartását figyelembe vette (Kutatóhelyek Közös Etikai Bizottsága).

Feladat

A résztvevők az előzetesen ismertetett instrukció alapján, a ritka nemi kategóriába tarozó arc megjelenésekor a lehető leggyorsabb és legpontosabb választ adták egy gomb megnyomásával. Mindenegybes blokk előtt informáltuk a résztvevőket az aktuális célinger nemi kategóriájáról.

A kísérlet során használt vizuális ingeranyag

Kutatásunk során egy internetes adatbázis fényképeit használtuk fel (www.findaface.ch); negyven női és negyven férfi arcot választottunk ki, melyekből a Photoshop (CS4) szoftver segítségével fekete-fehér, egyenlő méretű (12.90°) arcokat készítettünk, takarva a hajviseletet. Az arcok semlegesek voltak az érzelmkifejezés szempontjából (lásd 1. ábra). Az arcok bemutatási ideje 300 ms (milisecundum), az arc ingerek között eltelt idő (IKI) 2000 - 2500 ms között változott (átlagosan 2250 ms). A női arcok átlagos fényerősség értéke 54.31cd/m² (SD = 2.0 cd/m²), a férfi arcok átlagos fényerősség értéke 47.78 cd/m² (SD = 2.0 cd/m²) volt.

Insert "Ábra 1" about here

Ábra 1: A kísérlet során használt ingerek és az alkalmazott szekvenciák illusztrációja. Sematikus ábrázolása a bemutatott nemi arcok inger mintázatának és a közepen megjelenített fixációs keresztnek. A kísérlet során 40-40 különböző férfi és női arcok használtunk, melyet két feltételben mutattunk be. A kép alsó felében a kísérlet során alkalmazott időzítéseket találjuk.

Az arc ingerek szürke háttér (36.57 cd/m²) előtt kerültek bemutatásra 17" monitoron (Samsung SyncMaster 740B, 60-Hz frissítési frekvencia). A résztvevők 1.2 méterrel az ingerbemutató monitor előtt, egy alacsony megvilágítású, hangszigetelt szobában foglaltak helyet.

Az ingerek bemutatásának sorrendjét aktív (figyelt) kakukktojás paradigma keretében végeztük, mely során a gyakori (standard) arcok 80%-os valószínűséggel, míg a ritka célingerek 20%-os valószínűséggel jelentek meg.

Két feltételt alkalmaztunk a kísérlet során, az első feltételben a férfi arcok voltak a gyakoriak és a nők a ritkák, a második feltételben a női arcok képezték a gyakori, a férfi arcok a ritka kategóriát. Egy feltételben 600 arcot mutattunk be a résztvevőknek (480 gyakori és 120 ritka), melyeket feltételenként három - három blokkra osztottunk fel. A blokkok bemutatásának sorrendjét véletlenszerűen változtattuk a személyek között.

Két ritka arc között legalább kettő és legfeljebb kilenc gyakori arc szerepelt. Lényeges kikötés, hogy az egymást követő arcok sosem voltak azonosak, azaz mindig más-más személy szerepelt a képeken.

EEG mérés

Az agyi elektromos tevékenységet (EEG) 500 Hz mintavételi frekvenciával DC és 70 Hz között regisztráltuk (Synamps2 erősítő, NeuroScan felvevő rendszer), 61 Ag/AgCl elektróda segítségével, melyeket a kiterjesztett 10-20 rendszer szerint kialakított elektróda sapkában (EasyCap) rögzítettünk. A referencia elektróda az orr hegyén volt, majd az adatok elemzésekor átlagolt referenciával számoltunk. A vertikális szemmozgást a jobb szem alatt és fölött lévő elektródákkal, míg a horizontális szemmozgásokat (EOG) bipoláris elrendezésű elektródákkal rögzítettük. Az EEG és EOG jeleket offline 0.1 és 30 Hz (24-dB meredekség) közötti értékekre szűrtük, a jel/zaj arány javításaképp (ezen értékek alatti és fölötti jelek nem szerepeltek a további elemzésekben). Az elektródák ellenállása az adatfelvétel során mindig 10 k Ω alatt volt. A további műtermékek (pl.: pislogások) kiszűrését számítógépes analízissel végeztük. A műtermékek kiszűrésének kritériuma $\pm 50 \mu\text{V}$ amplitúdó változás minden elektróda csatornán. Az átlagolás során meghatároztunk egy 1100 ms-os intervallumot, mely magában foglalta a 100 ms-os inger előtti alapvonal idejét is. Külön átlagoltuk mindkét feltétel esetében a gyakori standard- és a célingereket.

EKP adatok elemzésének folyamata

Az eseményhez kötött potenciálok feldolgozásakor kétingersajátságaihoz köthető (exogén) komponens különböztettünk meg: P1, N1/N170. További két komponens pedig az kategria eltéréshez köthető: A célingerekkel kiváltott P3 hátulsó pozitív hullám és egy különbség hullám (deviáns *minusz* standard). Az adatfeldolgozás során előre meghatározott sávok átlag amplitúdóját (csoport görbén látható csúcs amplitúdója körüli átlagértékek, ahol a sávok

szélességét t-próbák értékei alapján számítottuk). Az elemzésekhez szükséges csatorna kiosztást, a célinger *mínusz* standard ingerrel kiváltott aktivitás különbségeivel végzett t-értékek alapján határoztuk meg az egyes komponensekre vonatkozó elemzés előtt. Az amplitúdó adatokból három szempontos varianciaanalízist (ANOVA) számítottunk, az alábbi faktorokkal: 1. *Ingerék Típusa* (Célinger vs. Standard); 2. *Anterioritás* (elülső vs. hátulsó területek); 3. *Lateralitás* (bal, balközép, közép, jobbközép, jobb oldali elvezetések). Az eredményeket minden esetben $p < 0.05$ szinten értékeltük szignifikánsnak. Amennyiben szükséges volt, úgy a szabadságfok korrekcióját Greenhouse-Geisser próbával végeztük el (ϵ értékkel jelöltünk az elemzésben). A hatások mértékét a parciális eta-négyzet (η^2) jelöli. Ezenkívül a szignifikáns interakciók további elemzése során Tukey HSD post-hoc tesztet alkalmaztunk. A kiváltott potenciálok eloszlásának összehasonlítása előtt McCarthy és Wood (1985) módszere alapján transzformációt végeztük (lásd lábjegyzet). Az egyes komponensek esetében összehasonlítást végeztünk a két feltétel között.

Eredmények

A célingerek detektálási teljesítménye 80% fölött volt (a célinger átlagos találati aránya = 98.21% volt, SD = 3.6). A reakcióidő mediánja = 504.16 ms, SD= 65.52 ms). Nem találtunk különbséget a célingerek között a két feltételben, azaz ugyanolyan gyorsan és pontosan észlelték a ritka férfi arcokat a gyakori nők között, mint a ritka női arcokat a férfiak között.

Kiváltott potenciál adatok

A 2. és 3. alábbi ábrán láthatóak a két kísérleti feltétel eseményhez kötött potenciál eredményei négy bilaterális hátulsó elvezetésen.

Insert "Ábra 2" about here

Ábra 2: Csoport átlagának eseményhez kötött potenciál görbéi a hátsó-két oldalsó elvezetésekben. A ritka férfi arcok és a gyakori női arcok által kiváltott EKP és különbség potenciál. A szürkített sávok jelölik azon sávot, melyben a szignifikáns különbség a legnagyobb. A kép alsó felén az exogén komponensek skalp eloszlása látható.

Insert "Ábra 3" about here

Ábra 3: Csoport átlag amplitúdó értékeihez tartozó hullámok a ritka női arcok és a gyakori férfi arcok esetében. Szürkített sávok jelölik a különbség maximumát. A kép alsó felén a P1 és N170 komponensek skalp eloszlása látható.

Exogén komponensek: A P1 komponens (134-136 ms csúcslatencia) amplitúdó maximuma a jobb oldali parieto-okcipitális elvezetésben (PO8) volt. Az egyetlen lényeges különbség az volt, hogy a férfi arc célinger feltételben a célinger nagyobb P1 választ váltott ki, mint a standard női arcok [$F(1,13) = 5.79$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.30$]. Az arcok esetében speciálisan nagy N170 (N1) összetevő csúcslatenciája 190-194 ms volt, bal oldali parieto-okcipitális (PO7) maximummal. A női arc célinger feltételben a célinger amplitúdója nagyobb volt, mint a standardé [$F(1,13) = 10.25$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.44$]. Hasonló eltérés a férfi arc célingerek esetében nem mutatkozott. E feltételben viszont latecia különbség adódott, a célinger csúcslatenciája rövidebb volt (190 ms vs 194 ms) ([$F(1,13) = 7.86$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.37$]).

Hátulsó negatív különbséspotenciál (vEN) a t-próbák értékei alapján, a különbség maximuma egy 300 ms-os latenciával jelentkezett. A statisztikai elemzéshez egy 260-340 ms (összesen 41 adatpontot tartalmazó) latencia sávot határoztunk meg 3 X 5 elektróda rácson (Anterioritás három értéke: Poszterior- P sor, Poszterior-okcipitális- PO sor és egy Okcipitális- O sor; Lateralitás öt értéke: bal- P7 és PO7, balközép-PO3 és O1, közép-POz és Oz, jobbközép-PO4 és O2, job-P8 és PO8 csatornákon). I. Feltétel (női arc célinger): a ritka női arcokkal kiváltott válasz szignifikánsan negatívabb volt, mint a standard (férfi) arcokkal kiváltott válasz. A különbség maximuma az oldalsó területeken volt a legnagyobb (Inger főhatás [$F(1,13) = 42.71$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.76$] illetve Lateralitás főhatás [$F(4,52) = 27.84$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.68$]). A II.

Feltétel (férfi arc célinger): a ritka férfi illetve a gyakori női arcok által kiváltott válaszok hasonló szignifikáns különbségeket eredményeztek, mint amit az I. Feltételben megfigyelhettünk (Inger és Lateralitás főhatások [F(1,13) = 66.59, p < 0.001, $\eta^2 = 0.83$], [F(4,52) = 25.85, p < 0.001, $\eta^2 = 0.66$]. A két feltételben kapott különbségek eloszlását összehasonlítottuk, mely elemzés során (McCarty & Wood, 1985) nem kaptunk szignifikáns különbséget a két feltétel különbségi potenciáljának eloszlása között (4. ábra). {LÁBJEGYZET 2: McCarty & Wood -féle (1985) statisztikai eljárás célja, hogy különböző skalp eloszlások összehasonlítását teszi lehetővé különböző kísérleti feltételek, kísérleti csoportok vagy komponensek között. A skalp eloszlások vizsgálata fontos kritériumát képezik az EKP komponensek azonosításának, hiszen a skalpon megjelenő különböző potenciálú mezők eloszlása jelzi az intrakraniális forrásoknak a különböző téri konfigurációját. Ezen értelmezés keretében elmondható, hogy a különböző eloszlások különböző neurális aktivitást tükröznek. Természetesen adott a tény, hogy a különböző kísérleti manipulációkból különböző eloszlások keletkeznek, ekképpen a skalp eloszlások statisztikai elemzésére nem használható a hagyományos két-utas varianciaanalízis (ANOVA), mivel a lokalizációs főhatás egyértelműen megjelenne. McCarthy és Wood tanulmányukban ezen „álfőhatás” probléma feloldására keresnek megoldást, melyet elsősorban az adatok újra skálázásában látják. Az eljárás lényege, hogy a statisztikai elemzés előtt, a kísérleti feltételeknek megfelelő egyéni amplitúdó értékek sávátlagának – a megadott csatornákon – normalizált amplitúdó értékeit vesszük olyan módon, hogy megkeressük a feltételekben a legnagyobb és a legkisebb értékeket, az összes értékből kivonjuk a legkisebbet, majd elosztjuk a maximum és a minimum különbségével. Ezen skálázott amplitúdó értékek képezik az eloszlásvizsgálat az alapját.}

Insert “Ábra 4” about here

4. Ábra: A skalp eloszlása a ritka- mínusz-gyakori arcok különbség potenciáljának 300 ms +/- 20 adatpontos sávban. A hátulsó negativitások, mindkét feltétel esetében, vEN komponensként értelmezhetők. Ezzel egy időben látható az elülső P3a pozitív komponens megjelenése.

P3a és P3b hullám: A célingerek detektálásához köthető agyi elektromos tevékenység kései széles hullámként jelent meg ~ 550 ms-os csúcslatenciával a középvonali területeken (lásd 5. ábra). A komponens maximális pozitivitást a parietális területek felett mutat, fronto-centrálisan a polaritás megfordul (negatív lassú hullám). A pozitivítás a cél-ingerekre jellemző *P3b*, továbbá az elülső területek felett a negatív lassú hullámot megelőzi egy pozitivítás, a *P3a komponens* 290 ms-os csúcslatenciával. Külön elemzéseket végeztünk a hátsó és elülső területek esetében. A hátsó területek elemzésében a t-próba értékei alapján az alábbi rács szerepelt: C3, Cz, C4; CP3, CPz, CP4; P3, Pz, P4; PO3, POz és PO4 csatornák. A középvonali elvezetések (Centrális; Centro-parietális; Parietális és Parieto-okcipitális, melyek a varianciaanalízisben az Anterioritás 4 faktora) mellett egy- egy oldalsó csatorna is szerepelt (Lateralitás 3 faktora: Bal oldali, Középvonali és Jobb oldali). Az elülső területeken a rács kilenc elektródát tartalmazott (Fp1, Fpz, Fp2; AF3, AFz, AF4; F3, Fz, F4) melyben az Anterioritás faktor 3 sort, a Lateralitás faktor 3 oszlopot tartalmazott. Mindkét elemzés során a különbség maximuma 550 ms-os latenciával jelentkezett. Az amplitúdó értékek sáv átlagát a P3a komponens esetében a 270-310 ms latencia sávban összesen 21 adatpont értékei szerepeltek. A P3b komponens esetében az 500-600 ms-os latencia tartományban (összesen 51 adatpontot tartalmazó) számoltuk.

Insert "Ábra 5" about here

Ábra 5: A két kísérleti feltétel EKP-i a középvonali elvezetések- az elülső területektől hátrafelé. A szürkített sávok jelölik a frontális P3a komponens és a parietális P3b komponens megjelenését.

Az I. Feltétel (női arc célinger): A P3a komponens esetében a ritka női arcok a frontális területeken a 270-310 ms latencia sávban szignifikánsan pozitívabb választ váltottak ki, mint a gyakori férfi arcok (Inger főhatás [F(1,13) = 38.81, p < 0.001, $\eta^2 = 0.74$] illetve Anterioritás főhatás [F(2,26) = 60.27, p < 0.001, $\eta^2 = 0.82$]). P3b komponens 500-600 ms latencia sáv esetében: A célingerek szignifikánsan pozitívabb választ váltottak ki mint a standard ingerek (Inger főhatás [F(1,13) = 35.21, p < 0.001, $\eta^2 = 0.73$]) Az elülső elektróda rácson végzett elemzés értelmében elmondható, hogy az ugyanezen latenciasávban mért által amplitúdó értékek a célinger esetében szignifikánsan negatívabb aktivitást mértünk, mint a standard ingerekre (Inger

főhatás [$F(1,13) = 16.37$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.55$]). *A II. Feltétel: a célingereket* az alacsony valószínűséggel megjelenő *férfi arcok* alkották, melyekre kapott EKP-k eloszlása igen hasonló az előző feltételben szereplő ritka női arcok EKP-hoz. A P3a komponens esetében szignifikánsan pozitívabb válasz látható a ritka arcok esetében az elülső területeken (Inger főhatás [$F(1,13) = 45.59$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.77$] illetve Anterioritás főhatás [$F(2,26) = 58.45$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.81$]). Továbbá a célingerekhez tartozó kiváltott potenciálok szignifikánsan pozitívabbak az 500-600 ms latencia sávban a középilonali poszterioro-centrális és poszterior területeken (Inger főhatás [$F(1,13) = 56.76$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.81$]), míg ugyanezen időben az elülső területeken, szignifikánsan negatívabb EKP- váltanak ki a gyakori női arcokhoz képest (Inger főhatás [$F(1,13) = 23.20$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.64$]). Amennyiben összehasonlítjuk a két feltétel célingereihez tartozó eloszlását, mind a P3a, mind aP3b komponens tekintetében (McCarthy & Wood, 1985) (lásd 6. ábra) nem találunk szignifikáns különbséget köztük.

Insert "Ábra 6" about here

Ábra 6: A két kísérleti feltételben megjelenő P3a (290 ms +/- 10 adatpont) és P3b (550 ms +/- 10 adatpont) komponensek skalp eloszlása

Diszkusszió

Több, az eseményhez kötött potenciál módszerével vizsgálódó tanulmány foglalkozik az arcészlelés folyamataival. Ezen tanulmányok fő kutatási kérdései elsősorban az arcok automatikus feldolgozásának emocionális dimenziói köré csoportosultak, mint például Zhao és Li (2006) kutatásában, melyben egy akusztikus feladat helyzet során vizsgálták meg, a feladattól független érzelm teli arckifejezések automatikus változásának detekcióját. Az érzelmes arcok kategóriájának változására egy 300 ms-os latenciával jelentkező vEN-t regisztráltak. Ugyanakkor szükséges megjegyezni, hogy az arckifejezések fényképei csupán egy színésztől származtak.

Ekképpen elképzelhető, hogy a regisztrált negatív különbség a gyakori és a ritka érzelmi arcok között csupán egy alacsony szintű ingersajátság változási hatás volt (hasonló eredmények és problémák egy másik tanulmányban: Susac, Ilmoniemi és mts. 2004). Astikainen és Hietanen (2009) kiküszöbölték e problémát, azaz több különböző identikumú arckifejezést használtak. A szerzők eredményei értelmében, egy 280-320 ms latencia sávban jelentkezett negatív különbség a ritkán és a gyakran megjelenő érzelmi arcok kategóriája között. Stefanics, Csukly és mts., (2012b) az érzelmi kategória változásra érzékeny komponens mellett (vEN 250-350 ms közötti latencia tartományban) féltekei oldal különbségeket találtak a pozitív és negatív arckifejezések feldolgozásának folyamatai során (ijedt arcok jobb oldali, míg a boldog arcok inkább bal oldali eloszlású válaszokat váltottak ki).

Mint említettük az arcok nemi jellegének feldolgozásával csak igen kevés számú tanulmány foglalkozik. Az első témájában releváns kutatás Campanella és munkatársai (2001) nevéhez fűződik. A viselkedéses kísérlet során egy késleltetett összemérési feladatban kellett döntést hozni morfoló arcpárokról. A kísérleti személyek jobban teljesítettek, amennyiben a *nemek között* és nem pedig *nemen belül* kellett diszkriminálni az arcpárok között, még abban az esetben is, ha a morfolás szintje megegyezett (Campanella, Chrysochoos, Bruyer, 2001).*{LÁBJEGYZET 3: A morfolási technika fokozatos egymásba alakítást jelent, mely során kiválasztunk egy-egy női és/vagy férfi arcot. Meghatározzunk a legfontosabb pontokat az arcokon (szem, orr, száj, illetve ezek távolságát egymáshoz képest) majd egy számítógépes szoftver segítségével (pl.: WinMorph) száz lépésben egymásba transzformáljuk őket. Ekképpen hozhatunk létre pl.: 40% férfi és 60% női arcok vagy morfolhatunk össze 30%-70% arányban két különböző női arcot. A szoftverek által használt algoritmus részleteiről lásd: Beier és Neely, 1992. A morfolási technika használata lehetővé tenné, hogy az automatikus változást detektáló rendszer érzékenységét teszteljük a nemek kategóriáján belül és között is. Jelen kutatás azonban nem alkalmas a prototípus hatás mérésére, azaz nem állapítható meg, hogy melyek a „jó” és „kevésbé jó” képviselői a kategóriának}*. Az arcok nemi diszkriminációjának EKP korrelátumait vizsgálta Mouchetant-Rostaing, Giard és munkatársai (2000). Kísérletük során a nemi kategóriákat, illetve a kísérleti feladatot szisztematikusan változtatták. Fő eredményük szerint a nemek közötti diszkrimináció automatikus folyamat, mely eltér a strukturális kódolás szakaszától (későbbi EKP hullámot regisztráltak, mint az N170). Ezen adatok alapján valószínűsítettük saját kísérleti eredményeinket, azaz a jelen kísérletükben az alacsony valószínűséggel megjelenő ritka nemi

kategóriájú arcok eltérő agyi elektromos potenciált váltottak ki, mint a szekvencia gyakori képviselői. Ezen eltérő agyi kiváltott válasz a vizuális eltérési negativitás volt (lásd Czigler, Winkler, Balázs, 2002a), melyet kategória-függő vEN-ként értelmezhetünk (összefoglaló, Czigler 2014). Az elemi szenzoros emlékezeti folyamatokon kívül magasabb rendű perceptuális kategorizációs folyamatokról is beszélhetünk, hiszen a vEN háttérében álló emlékezeti rendszer képes kódolni az arcok nemi kategóriáját is. Az arcok, mint komplex ingerek egyéni tulajdonságainak felismerése, majd a közös jegyek alapján a nemi kategóriák reprezentálása megtörtént. A ritka nemi arcok megsértik a szekvenciálisan bemutatott ellenkező nemű arcok kategóriájának szabályát, ekképpen egy „hiba jelzést” azaz vEN-t regisztrálhattuk.

Jelen kísérleti eredmények összecsengnek a korábban említett hasonló kiváltott potenciál kutatások eredményeivel, melyek az arcok emocionális kategóriájára összpontosítottak (Zhao és Li, 2006; Astikainen és Hietanen, 2009; Stefanics, Csukly és mts., 2012b). Mivel a regisztrált kategória változásra érzékeny komponens (vEN) 300 ms különbségi maximummal jelentkezett, mindenképpen a strukturális kódolás egységétől eltérő folyamatokról beszélhetünk. Az N170 komponens következetesen megjelent a használt kísérleti feltételekben, ekképpen elmondható, hogy a strukturális kódolás sikeresen lezajlott. Ugyanakkor sem a P1 sem az N170 komponens nem érzékeny az arcok nemi kategorizációs információjának feldolgozására. Egy időben és funkcióban is elkülönült feldolgozó egység állhat a nemi információ feldolgozás háttérben. Mely vagy valamilyen már ismert egység (pl.: érzelmi feldolgozó) párhuzamos részfeladatát látja el vagy egy speciális egység felelős a nem automatikus detektálásáért. Ezen kérdés megválaszolása további kutatásokat igényel (pl.: erőteljes érzelmeket kifejező különböző férfi és női arcok bemutatása).

A kísérlet során figyelt kísérleti helyzetet alkalmaztunk, ily módon feltételeztük a P3 komponens család megjelenését. A bemutatott inger szekvencia váratlan, újszerű ingerei (20% valószínűséggel megjelenő férfi arcok a gyakori női arcok között, illetve ritka női arcok a gyakori férfi arcok között) frontális P3a komponens kiváltását idézték elő (290 ms latenciával). Továbbá a feladat jellegéből adódóan (ritka nemi kategória azonosítása) elvártuk a P3b komponens megjelenését is, mely az ingerek feladatfüggőségével hozható kapcsolatba. Megállapíthatjuk, hogy a P3 hullámok megjelenése összefüggésbe van az arcok felismerésével, nemi kategóriájuk azonosításával illetve az ezzel kapcsolatos döntéssel (válasz gombnyomás).

Általános vélekedés a P3 szakirodalomban, hogy a komponens funkciója perceptuális döntéshozatali folyamatok lezárását tükrözi. Tulajdonképpen a célinger kategorizációja kapcsán végbemenő diszkriminációs mechanizmusokat írja le, melyek már függetlenek az ingerek fizikai sajátosságaitól (Desmedt és Debecker, 1979).

Jelen kísérleti eredményeink kiegészítik egy korábbi tanulmányunkat, melyben az arcok nem figyelt ún. passzív feldolgozásának folyamatai vizsgáltuk (Kecskés- Kovács, Sulykos, Czigler, 2013b). A kísérlet során az arcokat a háttérben mutattuk be, az előtérben pedig egyszerű RI (reakcióidő) feladatot. Az eredményeink értelmében elmondható, hogy a feladattól független arcok automatikus kódolása megtörtént. Továbbá a sorozatosan megjelenő, fizikailag különböző arcok egy közös kategóriába rendeződtek, azaz a két nem kategóriája is reprezentálódott. Ezenfelül megjelent a kategóriák váltásakor egy negatív különbségi komponens (vEN) hátulsó eloszlással és 350 ms különbség maximummal. A két kísérlet vEN komponensét összehasonlítva (Jelen figyelt vEN 300 ms latenciával és közel $-4 \mu\text{V}$ csúcs amplitúdóval regisztráltuk, míg a passzív kísérlet vEN komponense 350 ms latenciával és $-1 \mu\text{V}$ csúcs amplitúdóval jelent meg.) nem találtunk eltérést a két komponens eloszlása között (McCarty & Wood). Ekképpen elmondható, hogy az arcok nemi információja automatikusan kódolódik- figyelemtől függetlenül is (figyelt helyzetben korábbi és nagyobb amplitúdóval jelentkezett a komponens). Következésképpen, egy általánosabb feldolgozó rendszer folyamatai állhatnak a háttérben.

A kísérleti elrendezés során kizártuk az alacsony szintű- ingsajátság változás hatását a kategorizációs folyamatokra (képről képre más-más arcot mutattunk). Ugyanakkor különbséget találtunk a ritka és a gyakori arcok által kiváltott korai komponensekben (célinger férfi arcok P1 csúcs amplitúdója illetve a célinger női arcok N170 csúcs amplitúdója nagyobb volt, mint a gyakori arcoké). Ezen korai különbség mégis ingsajátsághoz köthető változásokat tükrözhet. Ugyanakkor a későbbi- 300 ms utáni- nemi diszkriminációs folyamatokra nincsen hatással.

A késői pozitív együttes számos kísérleti paradigmában vizsgálható. Eredményeink azt mutatják, hogy a legtöbb vizsgálatban alkalmazott egyszerű ingerek (pl. geometriai ábrák, színes foltok, szinusz-hangok) mellett a gyakorlati felhasználásban jogosult érdekesebb, a résztvevőket jobban motiváló ingeranyag használata. Ahogy eredményeink mutatják, az ilyen ingeranyag előnye, hogy komplexebb, több változós statisztika nélkül is lehetővé teszi a két (P3a, P3b) komponens

azonosítását, így mind a frontális, mind pedig a hátsó területekhez kötődő folyamatok vizsgálatát. Ehhez hozzájárulhat az arcok észlelésének evolúciósan kialakult fontossága.

Az akusztikus modalításban az exogén komponensek, a változás-detekció automatikus folyamatainak, illetve a figyelmi orientáció és reorientáció vizsgálatának eseményhez kötött potenciál vizsgálatainak jelentős hagyományai vannak (Escera és Corall, 2007; Horváth, Winkler, Bendixen, 2008). Míg az akusztikus komponensek N1, N2b, P3a, RON, melyek az elülső területek felett regisztrálhatók és időben sokszor összefonódnak, ekképpen a szétválasztásuk nem könnyű. Addig a vizuális modalitás előnye, hogy az arcfeldolgozás jellemző komponensei P1 és N170, valamint a vEN latenciája jelentősebben elválik egymástól és a hátsó komponensek lokalizációja is eltér az elülső, figyelmi folyamatokhoz kapcsolódó komponensektől. Továbbá a szenzoros emlékezethez kötődő komponensekről elmondhatjuk, hogy a nemi kategória reprezentációját kialakították a bemutatott különböző individuumú arcok. Továbbá a szekvenciális gyakoriság is reprezentálódott a szenzoros memóriában. Ezen automatikus agyi aktivitást nevezhetjük predikciós folyamatokat tükröző agyi mechanizmusoknak. E gondolat mentén elképzelhető, hogy a szenzoros rendszer minden beérkező vizuális ingeret összevet a prediktált~ bejövő emlékezeti reprezentációval. Eltérés esetében mutatható ki a vEN komponens. Egyszóval a hibajelző komponens megjelenése feltételez egy olyan mögöttes szenzoros rendszert, mely képes a kategória reprezentálásra, a bejövő vizuális ingerek összevetésére, illetve a lehetséges eltérés jelzésére is.

Eredményeink értelmében elmondható, hogy a vEN komponens megjelenése- melyet a ritka nemi kategóriájú arcok megjelenése váltott ki- bizonyossá teszi, hogy a hátsó vizuális agyi területek képesek automatikusan regisztrálni a nemi információt és detektálni a szekvenciális szabályszerűségeket a megjelenő arc ingerek mentén.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az OTKA pályázat támogatásának köszönhetően jött létre.

Referencia lista

Astikainen, P., Lillstrang, E., Ruusuvirta, T.(2008): Visual mismatch negativity for change in orientation- a sensory memory-dependent response. *European Journal of Neuroscience*, 28, 2319-2324.

- Astikainen, P., Hietanen, J. K. (2009): Event-related potentials to task-irrelevant changes in facial expressions. *Behavioral and Brain Functions*, 5,30.
- Athanasopoulos, P., Dering, B., Wigget, A., Kuipers, J. R., Thierry, G. (2010): Perceptual shift in bilingualism: brain potentials reveal plasticity in pre-attentive colour perception. *Cognition*, 116, 437-443.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., McCarthy, G. (1996): Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(6), 551-565.
- Beier, T., Neely, S. (1992): Feature-based image metamorphosis. In: Proceedings of SIGGRAPH'92. ACM, New York; *Computer Graphics*, 26, 35-42.
- Bruce, V., Young, A. (1986): Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.
- Campanella, S., Chrysochoos, A., Bruyer, R. (2001): Categorical perception of facial gender information: Behavioural evidence and face-space metaphor. *Visual Cognition*, 8, 237-262.
- Czigler István, Winkler István, Balázs László (2002a): Automatikus változásdetekció a látásban. In.: Czigler I, Halász L, Marton LM, (eds.). Az általánostól a különöségig. Gondolat-MTA Pszichológiai Kutatóintézet, 132-148.
- Czigler István, Balázs László, Winkler István (2002b): Memory-based detection of task-irrelevant visual changes. *Psychophysiology*, 39, 869-873.
- Czigler István (2014): Visual mismatch negativity and categorization. *Brain Topography*, 1-9.
- Donchin, E. (1981): Surprise!...Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- Demedt, J. E., Debecker, J. (1979): Wave form and neural mechanisms of decision P350 elicited without pre-stimulus CNV or readiness potential in random sequence of near-threshold auditory clicks and finger stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 47, 648-670.
- Escera, C., Corral, M. J. (2007): Role of mismatch negativity and novelty-P3 involuntary auditory attention. *Journal of Psychophysiology*, 21, 251-264.

Heslenfeld, D.J. (2003): Visual mismatch negativity. In: Polich J, (eds.). *Detection of change: Event-related potential and fMRI findings. Kluver Academic Press, Boston*, 41-59.

Horváth János, Winkler István, Bendixen, A. (2008): Do N1/MMN, P3a and RON form a strongly coupled chain reflecting the three stages of auditory distraction? *Biological Psychology*, 79, 139-147.

Kecskés-Kovács Krisztina, Sulykos István, Czigler István (2013a): Visual mismatch negativity is sensitive to symmetry as a perceptual category. *European Journal of Neuroscience*, 37, 662-667.

Kecskés-Kovács Krisztina, Sulykos István, Czigler István (2013b): Is it a face of a woman or a man? Visual mismatch negativity is sensitive to gender category. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.

Kimura, M. (2011): Visual mismatch negativity and unintentional temporal-context-based prediction in vision. *International Journal of Psychophysiology*, 83, 144-155.

Kovács Gyula (2008): Az arcpercepció és arcadaptáció eletrofiziológiája. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 63, 9-17.

Luck, S. J. (2005): An introduction to the event-related potential technique. *Cambridge US: The MIT Press*, 42-45.

McCarthy, G., Wood, C. C. (1985): Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 62, 203-208.

Molnár Márk (1992): A központi idegrendszer egyes részeinek szerepe a P300 kiváltott potenciál-összetevő genesisében. *Pszichológia*, 12, 91-123.

Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Bentin, S., Aguera, P. E., Pernier, J. (2000): Neurophysiological correlates of face gender processing in humans. *European Journal of Neuroscience*, 12, 303-310.

Pazo-Alvarez, P., Amenedo, E., Cadaveira, F. (2004): Automatic detection of motion direction changes in the human brain. *European Journal of Neuroscience*, 19, 1978-1986.

Polich, J., Kok, A. (1995): Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology*, 41, 103–146.

Polich, J. (2007): Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neuropsychology*, 118, 2128-2148.

Stefanics Gábor, Czigler István (2012a): Automatic prediction error responses to hands with unexpected laterality: an electrophysiological study. *Neuroimage*, 63, 253-261.

Stefanics Gábor, Csukly Gábor, Komlósi Sándor, Czobor Péter, Czigler István (2012b): Processing of unattended facial emotions: A visual mismatch negativity study. *Neuroimage*, 59, 3042-3049.

Susac, A., Ilmoniemi, R. J., Pihko, E., Supek, S. (2004): Neurodynamic studies on emotional and inverted faces in an oddball paradigm. *Brain Topography*, 16, 265-268.

Verleger, R. (1988): Event-related potentials and cognition: A critique of context updating hypothesis and an alternative interpretation of P3. *Behavioral Brain Science*, 11, 343-356

Zhao, L., Li, J. (2006): Visual mismatch negativity elicited by facial expressions under non-attentional condition. *Neuroscience Letters*, 410, 126–131.

Event-related potentials correlates of gender face discrimination processes

Abstract

Face recognition is a fundamental perceptual function. We investigated whether the sensory system is capable of encoding changing of gender face categories. In an active oddball paradigm event-related potentials (ERPs) were recorded, particularly the visual mismatch negativity (vMMN). Participants (n=14) were instructed to identify the rare ($p=0.2$) gender category and to respond with button press. The successive stimuli were never physically identical. Face stimuli elicited N170 component, i.e. the face-related component. Additionally, the infrequent faces evoked parieto-occipital negativity with 300 ms peak latency, relative to the frequent faces. This component is considered as a valid vMMN that is generated by automatic detection of gender category change. Furthermore, the appearance of P3 family (frontal P3a ~290 ms peak latency and parietal P3b~550 ms peak latency) reflects attentional and perceptual categorization processes. No significant difference appeared between the responses to female and male target stimuli. The pattern of results is interpreted as evidence for the comparison of the representation of the regularly (standard) and irregularly (deviant) presented gender categories. In conclusion, we found robust ability of discrimination between gender face categories.

Keywords: gender categorization, face recognition, visual mismatch negativity, event-related potentials, automatic change detection, oddball paradigm