

A vizuális kategorizáció elektrofiziológiai vizsgálata zajos ingerek segítségével¹

Rokszin Adrienn Aranka, Győri-Dani Dóra, Csifcsák Gábor

Szegedi Tudományegyetem, Pszichológiai Intézet

E-mail: rokszinadrienn@gmail.com; doragy.d@gmail.com;
gaborcsifcsak@yahoo.co.uk

Absztrakt

A vizuális kategorizáció – vagyis a tárgyak gyors és pontos azonosítása – fontos szerepet játszik mindennapi tevékenységeinkben, sőt egyes esetekben a túlélésben is. Napjainkban a humán kategorizációs folyamatok pszichológiai vizsgálatára leggyakrabban alkalmazott módszerek az idegtudományi mérőeljárások, mint például az elektroencefalográfia (EEG). A kutatások egyre növekvő számának ellenére azonban sok kérdés tisztázatlan maradt ezen képesség idegrendszeri alapjait illetően. Jelen kutatás annak próbált meg utánajárni, hogy a általunk bemutatott képek különböző mértékű zajosítása milyen hatással van a vizuális P1 és N1 komponensekre egy kategorizációs feladatban. A vizsgálatban 12 egészséges személy végzett autó-madár kategorizációt 4 féle képtípuson: egyrészt eredeti, könnyen azonosítható, másrészt pedig 3 féle Fourier-spektrumra bontott, különböző mértékben felismerhető képeket mutattunk be. 32 csatornás EEG regisztráció történt, elsősorban a P1 és N1 komponensek amplitúdóit elemeztük a parieto-okcipitális területek felett. Az eredmények alapján mind a helyes válaszok aránya, mind a reakcióidő jól tükrözte a négy képtípus felismerhetőségét. Eredményeink szerint a könnyen azonosítható, eredeti ingerek esetén már a P1-es komponensnél megjelenik a szemantikus kategóriára érzékeny hatás, az N1 komponens esetében a kategória hatás pedig a képek felismerhetőségének rosszabbodásával csökken. Ezen eredmények arra utalhatnak, hogy az N1 komponens amplitúdó változása jól reprezentálja a feladatfüggő, kategorizációval kapcsolatos perceptuális folyamatokat, de könnyen felismerhető eredeti ingerek esetén már jóval korábban, az inger bemutatását követően 120-140 milliszekundummal is észlelhető szemantikus kategóriára érzékeny hatás.

¹ Jelen eredmények részben már megjelentek az Iskolakultúra 2011/2-3. számában.

Kulcsszavak: vizuális kategorizáció, EEG, eseményfüggő potenciál, Fourier-módosított ingerek

A perceptuális kategorizáció a megismerés alapvető funkciója, mely lehetővé teszi a megfigyelő számára, hogy a környezetében tapasztalt információk segítségével döntéseket hozzon. Könnyen belátható tehát, hogy ez a folyamat mennyire fontos az egyén túlélése szempontjából, hiszen segítségével tudjuk elkülöníteni az ehető gyümölcsöket a mérgezőtől, vagy éppen az ellenséget a társaktól (Kovács, 2003).

Napjainkban a humán kategorizációs folyamatok pszichológiai vizsgálatára leginkább elterjedt módszerek az idegtudományi mérőeljárások mint például az elektroencefalográfia (EEG). Az EEG mérés az agykérgi neuronok összesített elektromos aktivitását tükrözi. Az eljárás nem invazív, az elektromos jelek elvezetése a skalpra helyezett elektródák segítségével történik (KÉRI & GULYÁS, 2003).

A neurális hálózatok külső inger hatására kialakuló szinkronizált működésének köszönhetően létrejövő elektromos mező sajátosságai összeköthetők a lejátszódó szenzoros, motoros és kognitív eseményekkel. Ezeket a változásokat eseményfüggő potenciáloknak (EP) nevezzük (WILSON & KEIL, 2001). Az EP hullámokat különböző komponensekre bonthatjuk (pl. P300, N400, MMN), attól függően, hogy pozitív vagy negatív polaritásúak-e, az eseményhez képest milyen latenciával jelentkeznek, milyen modalitású inger hatására jönnek létre, illetve mely kognitív folyamat kíséri (Antal et al., 2001). A P1 hullám latenciája hozzávetőlegesen az inger bemutatása után 100 milliszekundummal (ms) okcipitálisan jelentkezik, míg az N1 hullám 150-200 ms-mal észlelhető a parieto-okcipitális területek felett (Luck, 2005). A vizuális P1 hullám érzékeny a bemutatott stimulus fizikai tulajdonságaira, míg az N1 hullám bonyolultabb folyamatokat tükröz.

Érdekes módon, az egyik korai, ultragyors vizuális kategorizációt vizsgáló EEG tanulmányban még nem a vizuális területek felett észlelték a különböző bemutatott kategóriába tartozó ingerekkel összefüggő EP eltérést. THORPE és munkatársai (1996) vizsgálatukban a személyeknek go/no-go paradigmában szerepelve, 20 milliszekundumos prezentálás után kellett állat – nem állat kategorizációs döntést hozniuk. Eredményeik alapján elmondható, hogy az alanyoknál már az ingerek bemutatása után 150 ms-mal megjelent frontálisan a kategorizációs döntést kísérő korai negativitás.

A P1 komponens megjelenése még nem összeköthető a tudatosuló folyamatokkal, az azonban vitatott, hogy az N1 komponens már tükrözi-e a tudatos működéseket. VANRULLEN ÉS THORPE (2001) EEG vizsgálatukban állat – jármű kategorizációs feladat segítségével azt találták, hogy bár a kategória hatás korán, már 75-80 ms-mal az inger bemutatása után elkezdi szignifikánsan megjelenni, ez inkább csak korai vonásdetekciós folyamatokkal hozható összefüggésbe, így nem korrelál a viselkedési adatokkal egészen nagyjából 150 ms-ig. Ennek ellenére, a viselkedési eredmények és az EP-k együtt járása alapján nem állapítható meg, hogy a folyamat tudatos-e, de ezen változások már lényegesen befolyásolják a tudatos döntéseket. Ezzel szemben, Johnson és OLSHAUSEN (2003) kategorizációs vizsgálata alapján a korai, 135 ms-nál jelentkező különbség csak az ingerek fizikai tulajdonságainak köszönhető, és a tudatossággal összefüggő komponensek csak később, 150–300 ms között jelentkeznek.

Más irányból közelíti meg a kérdést SCHENDAN ÉS LUCIA (2010) munkája, melyben egy kategorizációs feladat során zöldség és gyümölcs, állat, bútor és használati tárgy kategóriában mutattak be a személyeknek eredeti, tehát jól azonosítható, illetve olyan Fourier módosított képeket, melyek felismerhetetlenek voltak. Eredményeik alapján elmondható, hogy a felismerhető ingerek mind a P1, mind az N1 amplitúdót módosították a felismerhetetlenekhez viszonyítva. A szerzők feltételezik, hogy ez a korai, felismerhetőségtől függő hatás többek között az alak-háttér szegregációs folyamatoknak köszönhető, hiszen a Fourier-átalakított ingereknél egy homogén felszín van jelen, azonosítható formák nélkül.

A vizuális kategorizációt célzó kutatások egyre növekvő számának ellenére sok kérdés tisztázatlan maradt ezen képesség idegrendszeri alapjait illetően. Jelen kutatás célja annak megállapítása volt, hogy a bemutatott képek felismerhetősége milyen hatással van a vizuális feldolgozás elektrofiziológiai korrelátumaira egy kategorizációs feladatban. A korábban ismertetett EEG vizsgálatokkal ellentétben, mi ugyanazon képek különböző mértékben módosított változatait alkalmaztuk annak érdekében, hogy külön tudjuk választani a fizikai jellemzők (kontraszt, luminancia, szín, stb.) hatását a tudatos azonosítási és kategorizációs folyamatoktól. Hipotézisünk szerint a korai P1 hullám amplitúdója inkább az ingerek fizikai tulajdonságaira lesz érzékeny, míg az N1 hullám méretét befolyásolni fogja, hogy a bemutatott kép melyik szemantikus kategóriába tartozik. Továbbá feltételeztük, hogy az N1 hullám kategóriaérzékenysége a képek felismerhetőségének romlásával párhuzamosan csökken.

Módszerek

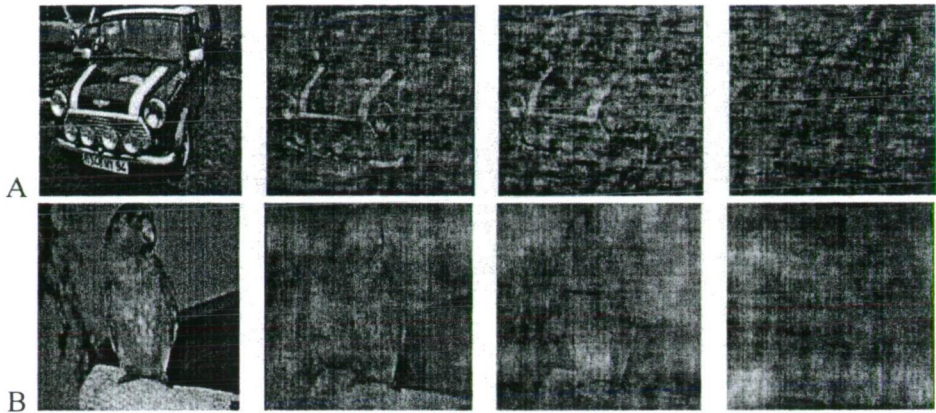
Résztvevők

Kutatásunkban 12 egészséges, jobbkezes személy vett részt: 7 lány, 5 fiú (átlag életkor=21,83, SD=1,11). Rákérdeztünk a személyek látásélességére, ami minden esetben szükség szerint korrigálva volt. Mivel a személyek által végzett feladat egy egyszerű kategorizációs feladat volt, az EEG módszere pedig egy nem invazív eljárás, joggal feltételezhető, hogy nem okoz semmiféle károsodást vagy terhelést. A vizsgálatban résztvevő személyeket tájékoztattuk a kísérleti módszerekről, az esetleges kellemetlenségekről (kontaktzselé használata).

Ingerek

Kutatásunkban az ingerek bemutatása, a feladatban nyújtott teljesítmény és reakcióidő rögzítése, illetve az EEG triggerjelek adása a Presentation számítógépes programmal (Neurobehavioral System Inc., USA) történt.

A kísérleti személyeknek autókat illetve madarakat ábrázoló színes képeket mutattunk be. A képeket az internetről válogattuk, a célingerek (autó vagy madár) mindegyiken könnyen azonosíthatóak voltak, méret, luminancia illetve összetettség tekintetében megegyeztek. Összesen 4 féle képtípust (kondíciót) alkalmaztunk: egyrészt eredeti, könnyen azonosítható, másrészt pedig 3 féle Fourier-spektrumra bontott, majd fázisuk szerint különböző mértékben összekevert képeket mutattunk be. A Fourier-módosított képeket a Matlab (MathWorks Inc., Natick, USA) szoftver segítségével állítottuk elő és egy előzetes tesztelést követően választottunk ki. A módosított képek esetén manipuláció mértékét az egyes frekvenciaösszetevők fázisának random keverésének mértéke jelzi. Ez egy 0 és 100 közötti érték, ahol a 100-as a manipuláció hiányát, a 0 pedig teljesen random fáziskeverést jelzi (ez utóbbi felismerhetetlen ingerek előállítását jelenti). A tesztelési fázist követően a Fourier 50-es, 40-es, és 0-ás képek mellett döntöttünk, így az ingerek között az eredeti képek mellett olyan képtípusok szerepeltek, amelyek könnyen, közepes mértékben, illetve egyáltalán nem voltak azonosíthatóak. A 4 féle kondícióban autó-madár kategóriánként 30-30, azaz összesen 240 képet mutattunk be, random sorrendben. A kutatásban használt képekre a 1. ábrán látható példa.



1. ábra: Az ábrán a kutatásban használt ingerekre látható példa, a felső sorban az autókra, az alsóban a madarakra.

Kísérleti elrendezés

A személyek a feladatot egy elsötétített, hangszigetelt és elektromosan árnyékolt szobában végezték. Egy monitor előtt ültek úgy, hogy kényelmesen elérjék a számítógépes egeret. Az elektródák felhelyezését követően megkértük őket, hogy a lehető legkevesebbet mozgassák a fejüket, illetve hangsúlyoztuk, hogy próbálják meg minél gyorsabban megnyomni a megfelelő gombot. A válaszgombok az egér bal illetve jobb billentyűi voltak. A résztvevők fele az egér bal gombját, a másik fele pedig a jobb gombját nyomta meg autó esetén, hogy az oldaliság ne befolyásolja a kapott eredményeket. Az adatfelvételkor a résztvevők először a képernyőn megjelenő instrukciót olvasták el, majd egy gombnyomással indították a kísérletet. A képernyőn elsőként 1000 ms-ig egy fixációs pont, majd ezt követően a négy kondíció valamelyikéből egy kép jelent meg, amelyet a személy 500 ms-ig látott. A program a következő képet a válaszgomb lenyomását követően 1000 ms elteltével jelenítette meg. Annak érdekében, hogy elkerüljük az esetleges gyakorlási hatást, az alanyok minden képet csak egyszer láttak.

EEG regisztráció

Az EEG adatok felvételéhez a BioSemi cég (BioSemi B.V., Amszterdam, Hollandia) 32 csatornás EEG készüléket és a rendszerhez tartozó szoftvert használtunk.

Az elektródákat a nemzetközi 10-20-as rendszernek megfelelően helyeztük el a skalpon egy előre gyártott BioSemi EEG sapka segítségével. Az elektródákat az alábbi koordinátáknak megfelelően helyeztük el: Fp1, Fp2, AF3, AF4, Fz, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, Cz, C3, C4, T7, T8, CP5, CP6, Pz, P3, P4, P7, P8, PO3, PO4, PO7, PO8, Oz, O1, O2, TP9, TP10. Annak érdekében, hogy a későbbiekben kiszűrjessük a pislogással és egyéb szemmozgásokkal kapcsolatos műtermékeket, a vertikális szemmozgások regisztrálásához a bal szem fölé és alá elektródákat helyeztünk el. A regisztráció során a referencia és a föld elektródák a P1 és P2 lokalizációban voltak. Minden elektróda impedanciája 10 kOhm alatti volt. Az adatrögzítés 0,01 Hz-es és 100 Hz-es szűrők segítségével történt.

EEG elemzés

Az EEG adatok elemzéséhez a Matlab szoftver EEGLAB programcsomagját (Delorme & Makeig, 2004) alkalmaztuk. Első lépésben az adatokat 1100 ms (az inger bemutatását megelőző 100 ms-os, illetve a bemutatást követő 1000 ms-os szakasz) hosszú szakaszokra szegmentáltuk, majd ezt követően a kategóriáknak és kondícióknak megfelelően szétválogattuk. Csak azokat a szakaszokat tartottuk meg, ahol az alany a kép bemutatását követő 1000 ms-on belül megnyomta a megfelelő válaszgombot. Pislogás és egyéb szemmozgással kapcsolatos műtermékeket az általunk használt program segítségével szűrtük ki, majd annak érdekében, hogy biztosak legyünk abban, hogy minden műterméket tartalmazó szakaszt eltávolítottunk, az adatokat szabad szemmel is végignéztük. Az átlagolást követően 20 Hz-es alul áteresztő szűrővel távolítottuk el a magasabb frekvenciákat.

Kutatásunkban a P1 és N1 komponensek amplitúdóját elemeztük. Mivel a P1 hullám maximuma az okcipitális, az N1 hullámé pedig a parieto-okcipitális régiók felől vezethető el, így vizsgálatunkban ezen területen elhelyezett elektródákon regisztrált jeleket elemeztük (PO7-es illetve PO8-as elektródák). Minden személynél kondícióként, kategóriaként, illetve hemiszfériumként rögzítettünk egy értéket, amelyeken később statisztikát végeztünk. Kísérletünkben abszolút amplitúdóval számoltunk.

Statisztikai elemzés

A viselkedéses adatok esetében arra voltunk kíváncsiak, hogy befolyással van-e rájuk a KONDÍCIÓ (eredeti, Fourier 50-es, Fourier 40-es és Fourier 0-s képek), a

KATEGÓRIA (autó-madár) illetve ezek interakciója. A reakcióidőt személyenként és kondícióként mediánokban számoltuk ki, a teljesítményt pedig a jó válaszok aránya adja. Az adatok elemzése során 2 (kondíció) \times 2 (kategória) elrendezésű ismételt méréses varianciaanalízist használtunk.

Megnéztük, hogy a P1-es és az N1-es hullám amplitúdójára milyen hatással van a KONDÍCIÓ (a képek felismerhetősége), a KATEGÓRIA (autó-madár), a LATERALITÁS (jobb és bal oldali okcipito-parietális elvezetés) illetve ezek interakciója. Vizsgálatunk során a leginformatívabb eredmény a KATEGÓRIA \times KONDÍCIÓ interakció volt, hiszen ez jellemzi, hogy a kategóriák közötti különbség eltér-e az egyes kondíciók között. Az EEG adatok elemzése során a KONDÍCIÓ (eredeti, Fourier 50, Fourier 40, Fourier 0) \times KATEGÓRIA (autó-madár) \times ELEKTRODA (PO7-es PO8-as elektródák) elrendezésű ismételt méréses ANOVA mellett olyan varianciaanalízist is lefuttattunk, ahol a kondíciókat páronként vittük be annak érdekében, hogy a közöttük lévő különbségeket felderítsük.

Eredmények

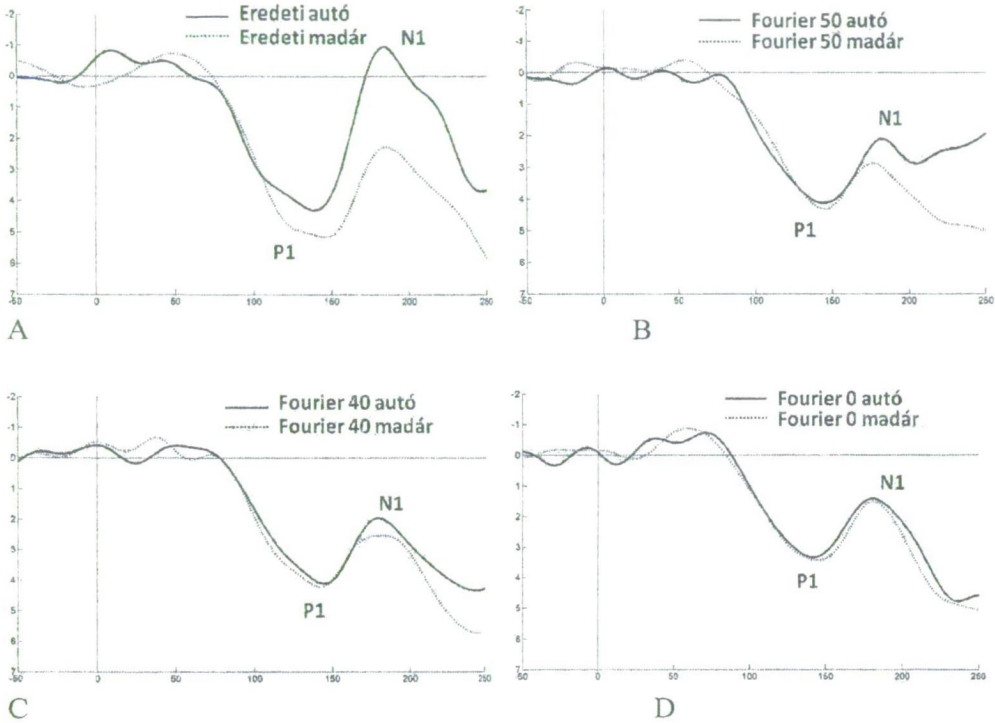
Viselkedéses adatok

Kutatásunkban a teljesítmény elemzése során szignifikáns KONDÍCIÓ főhatást figyeltünk meg ($F(3,9)=84,581$, $p<0,001$), a páronkénti összevetés alapján pedig elmondható, hogy a különböző képtípusokra adott jó válaszok aránya minden esetben szignifikánsan eltér egymástól.

A 4 kondíció összehasonlítása során a reakcióidő esetében – a teljesítményhez hasonlóan – szignifikáns KONDÍCIÓ főhatást találtunk ($F(3,9)=6,866$, $p=0,011$), a páronkénti összehasonlítás pedig a Fourier 0-ás és Fourier 40-es párok kivételével minden esetben szignifikáns eltérést mutatott a különböző kondíciók között.

EEG adatok

Az eseményfüggő potenciálokat minden kategóriára, minden kondícióban jobb oldali elvezetéssel a 2. ábra mutatja.



2. ábra: Az ábra az eseményfüggő potenciálokat mutatja a PO8-as elektródán. Jól látható, hogy a felismerhetőség rosszabbodásával ($A > B > C > D$) a kategóriák (autó-madár) N1 komponenseinek amplitúdója közötti különbség csökken. Az X-tengelyen a latencia (ms) az Y-tengelyen pedig az amplitúdó (μV -ban) látható.

Az 1. táblázat a P1 és N1 amplitúdók átlagértékeit és szórását mutatja be az összes kondícióban, mindkét kategória esetén.

	P1		N1	
	Autó	Madár	Autó	Madár
Eredeti	6,066 +/- 1,160	7,203 +/- 1,118	-5,943 +/- 1,598	-0,367 +/- 1,231
Fourier 50	5,569 +/- 1,050	6,345 +/- 1,165	-1,938 +/- 1,253	-0,243 +/- 1,119
Fourier 40	6,132 +/- 0,906	6,466 +/- 1,110	-2,095 +/- 0,906	1,065 +/- 1,019
Fourier 0	5,848 +/- 0,794	5,703 +/- 0,818	-1,351 +/- 0,771	-1,005 +/- 0,812

1. táblázat: A táblázatban az átlag amplitúdók (μV -ban) és szórások láthatóak mindkét kategóriára, mind a 4 kondícióban.

A P1 komponens vizsgálata során KATEGÓRIA főhatást találtunk ($F(1,11)=6,107$, $p=0,031$), tehát elmondható, hogy az autó és madár kategóriára jelentkező amplitúdók szignifikánsan különböznek egymástól. Annak megállapítására, hogy ez a különbség mely képtípusok közötti eltérésekből fakad, további 2 KONDÍCIÓ \times 2 KATEGÓRIA \times 2 ELEKTRÓDA elrendezésű ismételt méréses ANOVA-t végeztünk, páronként összehasonlítva a kondíciókat. A statisztika szerint tendenciaszintű KATEGÓRIA \times KONDÍCIÓ főhatás mutatkozott az eredeti – Fourier 0 ($F(1,11)=4,096$; $p=0,068$) képek esetében, tehát elmondható, hogy a négy kondíció összehasonlításakor jelentkező szignifikáns KATEGÓRIA főhatás főként az eredeti, és kisebb mértékben a Fourier 50 és Fourier 40 ingereknél mutatkozó eredményből ered. A páronkénti összehasonlítás statisztikája a 2. táblázatban található.

	Kategória főhatás	Kondíció főhatás	Kategória-kondíció interakció
Eredeti-Fourier 50	6,856*	1,995	0,276
Eredeti-Fourier 40	6,170*	0,329	0,763
Eredeti-Fourier 0	1,680	2,386	4,096#
Fourier 0-Fourier 50	1,033	0,092	2,902
Fourier 0-Fourier 40	0,145	0,912	0,369
Fourier 40-Fourier 50	2,502	0,706	0,497

$p<0,1$, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

2. táblázat: A táblázat a P1 komponens elemzése során a 4 kondíció páronkénti összehasonlításakor alkalmazott ismételt méréses ANOVA F-értékeit tartalmazza.

Az N1 hullám elemzését követően szignifikáns KATEGÓRIA főhatást ($F(1,11)=41,57$, $p<0,001$), illetve KONDÍCIÓ \times KATEGÓRIA interakciót ($F(3,9)=8,491$, $p=0,005$) találtunk, tehát elmondható, hogy a bemutatott képtípussal változik a kategóriák közötti különbség. Hogy feltárjuk, mely képtípusok közötti különbségekből ered ez az eltérés, az előzőekben már alkalmazott 2 KONDÍCIÓ \times 2 KATEGÓRIA \times 2 ELEKTRÓDA elrendezésű ismételt méréses ANOVA-t végeztünk. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a KATEGÓRIA főhatást minden pár esetében szignifikáns volt. A KONDÍCIÓ \times KATEGÓRIA interakció eredeti és Fourier pároknál minden esetben szignifikáns volt: eredeti – Fourier 50 ($F(1,11)=12,897$; $p=0,004$), eredeti

– Fourier 40 ($F(1,11)=12,113$; $p=0,005$), eredeti – Fourier 0 ($F(1,11)=24,999$; $p<0001$). A Fourier párokat egymással összehasonlítva csak egy esetben találtunk szignifikáns eredményt, mégpedig a felismerhetetlen Fourier 0 és a legkönnyebben azonosítható Fourier 50 esetében ($F(1,11)=7,408$; $p=0,020$).

	Kategória főhatás	Kondíció főhatás	Kategória-kondi- ció interakció
Eredeti-Fourier 50	29,121***	8,569*	12,897**
Eredeti-Fourier 40	92,848***	3,477#	12,113**
Eredeti-Fourier 0	34,859***	2,975	24,999***
Fourier 0-Fourier 50	10,072**	1,109	7,408*
Fourier 0-Fourier 40	7,183*	0,036	4,048#
Fourier 40-Fourier 50	26,184***	1,400	1,949

<0,1, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

3. táblázat: A táblázat az N1 hullám elemzése során a 4 kondíció páronkénti összehasonlításakor alkalmazott ismételt méréses ANOVA F-értékeit tartalmazza.

Megvitatás

Vizsgálatunk célja annak feltárása volt, hogy a bemutatott ingerek felismerhetőségének módosítása miként befolyásolja a vizuális P1 és N1 amplitúdókat. Eredményeink alapján mind a reakcióidő, mind a helyes válaszok aránya jól tükrözte az egyes képtípusok felismerhetőségét. Az N1 komponens esetében a kategória-hatás a képek felismerhetőségének rosszabbodásával csökkent. Mindemellett a P1 komponens is mutatott hasonló változásokat, de csak a könnyen azonosítható, eredeti fényképek esetén.

Meglepőnek tűnhet, hogy már egy olyan korai komponens, mint a P1 hullám is mutat kategória érzékeny hatást, ugyan csak az eredeti képek esetén. Vizsgálatunkban az autók és madarak rövid időre történő bemutatása esetén az eredeti fényképek elég jellegzetes fizikai tulajdonsággal rendelkezettek ahhoz, hogy a bemutatott ingerek sajátosságai alapján kialakuljon egy korai, még nem tudatos kategória-hatás. Ismert, hogy a P1 számos extrastriális terület aktivitását tükrözi, amelyek a kontúrok, luminancia, kontrasztok azonosításában játszanak szerepet (DI RUSSO et al., 2002). A Fourier módosítással ezek mennyisége oly mértékben csökken, hogy az autó-madár vonásokra érzékeny neuronok feltételezésünk

szerint csak az eredeti képek esetében aktiválódnak kategóriánként eltérően. Amennyiben az P1 és N1 komponens ténylegesen az alak-háttér szegregációt is tükrözi, akkor a zaj növelésével párhuzamosan kell amplitúdóváltozást észlelni ezen hullámoknál. Ezen elképzelésünket támasztja alá SCHENDAN ÉS LUCIA (2010) azon eredménye is, miszerint az alak-háttér szegregáció 95-175 ms között történik. Tehát elmondható, hogy a P1 komponens amplitúdója ténylegesen az inger fizikai tulajdonságaitól függ, azonban fontos megjegyeznünk, hogy itt nem elhanyagolható tény, hogy az autó és a madár ingerek eltérő vizuális vonásokkal rendelkeznek. Eredményeinkhez hasonló hatást talált EEG kutatásában Johnson és OLSHAUSEN (2003) is, ahol a szerzők a megjelenő korai különbséget az ingerek fizikai eltéréseinek tulajdonították.

A P1 hullámmal szemben az N1 komponens tudatosulásban betöltött szerepe vitatott. Bár jelen vizsgálat eredményei alapján a viselkedéses adatok és az N1 hullám változásai hasonlóknak tűnnek, hiszen a teljesítményromlás és a reakció-idő-nyúlás csökkenő autó-madár amplitúdó-különbséggel járt, ez az összefüggés nem elegendő annak kijelentéséhez, hogy az N1 komponens már a tudatos működéseket tükrözi.

THORPE és munkatársai egy 1996-os vizsgálatukban már az inger bemutatása után 150 ms-mal megjelenő korai negativitást is a tudatos folyamatokkal hozták összefüggésbe. VANRULLEN ÉS THORPE 2001-es munkájukban azonban már óvatosabban fogalmaznak az N1-es komponens tudatos működésekben betöltött szerepét illetően. Ezzel szemben, Johnson és OLSHAUSEN (2003) szerint a tudatosulással együtt járó potenciálok nem jelentkeznek az inger prezentálást követően egészen 150–300 ms-ig. Feltételezhető tehát, hogy az N1 valamilyen formában már összefügg a tudatos folyamatokkal, azonban az még nem tisztázott, hogy változásai mennyire tükrözik pontosan ezen működéseket. Fontos azonban megjegyezni, hogy a felsorolt vizsgálatok eltérő paradigmákat és ingeranyagot alkalmaztak, illetve nem azonos agyi területek felett találtak változásokat.

HOPF és munkatársai (2002) amellet érvelnek, hogy az N1 komponensen top-down hatások érvényesülhetnek, amelyek a kontextustól függően befolyásolhatják a vizuális kérgi neuroncsoportok aktivitását. Így a vizsgálatunkban tapasztalt N1 eltérések tükrözhetik a módosított Fourier ingerek felismerésének nehézségét is.

Mit is jelentenek a top-down hatások egy laboratóriumi vizsgálatban? Még egy ilyen mesterséges környezetben és helyzetben is, mint egy egyszerű ingereket felhasználó vizsgálat, előzetes elvárásokkal állnak a személyek az elvégzendő

feladathoz, a kísérleti helyzethez, és viselkedésüket meghatározza az aktuális kontextus. Mivel kutatásunkban a résztvevő személyek tudták, hogy autó-madár kategóriába tartozó képeket látnak, valamint az ingereket a feladat végzése során folyamatosan megismerték, felállíthattak olyan ingerekre vonatkozó elvárásokat, amelyek top-down hatással módosíthaták akár a P1 vagy az N1 amplitúdót. Vagyis, az N1 kategóriahatása nem feltétlenül bottom-up folyamatokon múlik, hanem olyan predikciókon, amelyeket a kontextus jelentősen befolyásolhat. Hasonló elképzelést fogalmaz meg Bar (2007) is, amikor az észlelési folyamatok aktív voltát hangsúlyozza, mely során az aktuális kontextus, az emlékezeti reprezentációink és céljaink segítségével olyan predikciókat hozunk, melyek gyorsabbá teszik a releváns információk feldolgozását.

Összegezve tehát elmondható, hogy míg az N1 komponens megjelenése jól reprezentálja a feladatfüggő, kategorizációval összefüggő perceptuális folyamatokat, könnyen felismerhető ingerek esetén már jóval korábban megjelenik ez a szemantikus kategória érzékeny hatás. Eredményeink alapján nem állapítható meg pontosan, hogy az N1 hullám változásai mennyire tükröznek tudatos folyamatokat, azonban a viselkedéses és elektrofiziológiai adatok hasonlóságából arra következtethetünk, hogy ezen komponens megjelenésére már hatnak magasabb rendű, top-down kognitív folyamatok is. Ennek megfelelően fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy az ingerfeldolgozásról ne egymástól elkülönülő szakaszok segítségével, hanem proaktív és interaktív folyamatok alapján gondolkodjunk.

Hivatkozások

- ANTAL A., KÉRI, SZ., KOVÁCS, GY., LISZLI, P., JANKA, Z. & BENEDEK, GY. (2001). Event-related potentials from a visual categorization task. *Brain Research Protocols*, 7, 131-136.
- BAR, M. (2007). The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 281-289.
- DELORME, A. & MAKEIG, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21.
- DI RUSSO F., MARTÍNEZ A., SERENO M. I., PITZALIS S. & HILLYARD S. A. (2002). Cortical sources of the early components of the visual evoked potential. *Human Brain Mapping*, 15, 95-111.
- HOPF, J. M., VOGEL, E., WOODMAN, G., HEINZE, H. J. & LUCK, S. J. (2002). Localizing Visual Discrimination Processes in Time and Space. *Journal of Neurophysiology*, 88, 2088-2095.

- JOHNSON, J. S. & OLSHAUSEN, B. A. (2003). Timecourse of neural signatures of object recognition. *Journal of Vision*, 3, 499-512.
- KÉRI, SZ. & GULYÁS, B. (2003). Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományban. In Cs. PLÉH, GY. KOVÁCS & B. GULYÁS (Eds.), *Kognitív idegtudomány* (pp. 202-216). Budapest: Osiris Kiadó.
- KOVÁCS, GY. (2003). A perceptuális kategorizáció alapjai. In Cs. PLÉH, GY. KOVÁCS & B. GULYÁS (Eds.), *Kognitív idegtudomány* (pp. 202-216). Budapest: Osiris Kiadó.
- LUCK, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cambridge: The MIT Press.
- SCHENDAN, H. E. & LUCIA, L. C. (2010). Object-sensitive activity reflects earlier perceptual and later cognitive processing of visual objects between 95 and 500 ms. *Brain Research*, 13, 124-141.
- THORPE, S., FIZE, D. & MARLOT, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Letters to Nature*, 381, 520-522.
- VANRULLEN, R. & THORPE, S. J. (2001). The Time Course of Visual Processing: From Early Perception to Decision-Making. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 454-461.
- WILSON, R. A. & KEIL, F. C. (2001). *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*. Cambridge, MA: The MIT Press.