

## **A vizuális kategorizációs folyamatok elektrofiziológiai korrelátumai**

*A perceptuális kategorizáció a megismerés alapvető funkciója, mely lehetővé teszi a megfigyelő számára, hogy a környezetében tapasztalt információk segítségével döntéseket hozzon. Az elektroencefalográfia (EEG) alkalmazása lehetővé teszi ezen folyamatok neurális hátterének vizsgálatát. Jelen kutatás annak próbált utánajárni, hogy a vizuális kategorizáció korai elektrofiziológiai korrelátumaira milyen hatással van a bemutatott képek felismerhetősége.*

**A**kísérletben 12 egészséges felnőtt személyt kértünk meg autó-madár kategorizációs feladat végzésére négyféle képtípus alkalmazásával: egyrészt eredeti, könnyen azonosítható fényképeket, másrészt pedig háromféle Fourier-spektrumra bontott, különböző mértékben felismerhető képeket mutattunk be. Mivel köztudott, hogy a vizuális P1 komponens az inger fizikai tulajdonságaira érzékeny, míg az N1 hullám kategorizációs folyamatokat, például állat-nem állat ingerek elkülönítését tükrözi, ezért a vizsgálatban elsősorban a P1 és N1 komponensek amplitúdóit elemeztük. Az eredmények alapján mind a helyes válaszok aránya, mind a reakcióidő jól tükrözte a négy képtípus felismerhetőségét. Ezzel összhangban, az N1 komponens esetében a kategória hatás a képek felismerhetőségének rosszabbodásával csökkent. Meglepetésünkre a P1 komponens is mutatott hasonló változásokat, de csak a legkönnyebben felismerhető, eredeti képek esetében. Ezen eredmények arra engednek következtetni, hogy az N1 amplitúdó jól reprezentálja a feladatfüggő, kategorizációval kapcsolatos perceptuális folyamatokat, de pontosan felismerhető ingerek esetén már jóval korábban, az inger bemutatását követően 100–120 milliszekundummal is észlelhető szemantikus kategóriára érzékeny hatás.

### **A vizuális kategorizációs folyamatok elektrofiziológiai korrelátumai**

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. A kategorizációs folyamatoknak ugyanolyan fontos faktora a differenciálás, mint a generalizálás, hiszen nem csak a környezetünkben megtalálható, fizikailag eltérő objektumokat kell egy csoportba sorolnunk, szükség esetén képesnek kell lennünk hasonló dolgok elkülönítésére is. A körülöttünk lévő tárgyak, élőlények, jelenségek több szinten is kategorizálhatók, azonban az ideális működéshez elengedhetetlen a megfelelő szint megtalálása, az aktuálisan releváns információkat és célokat szem előtt tartva (*Pléh, Kovács és Gulyás, 2003*).

A perceptuális kategorizációs folyamatok leírására több elmélet is létezik, mind más-képp képzelve el azt a mechanizmust, ami a kategorizációs döntés meghozatalához vezet. A klasszikus elméletek szerint a besorolás alapja bizonyos szabályok meglétén nyugszik,

így a kategóriahatárok világosak és merevek. A prototípus-elméletek alapján egy legtipikusabb elem áll a kategória központjában, és a tárgyak ettől való távolsága alapján hozunk döntést arról, hogy azok mennyire jó tagjai az egyes kategóriáknak. Végül a mentális kategorizációs elméletek a feladat kontextusának és a különböző sémáknak a szerepét hangsúlyozzák (Pléh, Kovács és Gulyás, 2003).

Miért fontos a kategorizáció az ember életében? Ezt talán úgy érthetjük meg legkönnyebben, ha olyan személyek nehézségeit vizsgáljuk, akik valamilyen okból kifolyólag deficittel rendelkeznek ezen a területen. Számos ilyen állapot létezik, így például a prosopagnosiában szenvedő személyek arcuk alapján nem ismerik fel családtagjaikat, barátaikat, és súlyos esetben önmagukat sem, nem tudják a látott arcokat elkülöníteni más arcoktól, illetve képtelenek új arcok megtanulására (Kállai, Bende, Karádi és Racsomány, 2008). Ugyanakkor az ismert tárgyfelismerési zavarokon kívül is léteznek olyan neurológiai problémák, melyek a modalitástól független kategorizáció zavarához vezetnek. Kolodny 1994-es vizsgálatában (idézi: Gazzaniga, 2000) Korsakoff-szindrómában szenvedő alanyok és egészséges kontrollcsoport teljesítményét hasonlította össze többféle kategorizációs folyamatot igénylő feladat elvégzése után. Mint tudjuk, a Korsakoff-szindrómás betegek súlyos amnéziában szenvednek, így Kolodny azt feltételezte, hogy ezen csoport teljesítménye gyengébb lesz a hosszútávú emlékezeti működést igénylő feladat közben (festmény-kategorizáció – mintapéldány-hasonlóság), míg más kognitív stratégián alapuló feladatvégzés közben (foltminták – prototípus-azonosítás) nem lesz ilyen jellegű romlás a teljesítményükben. A kísérletben kapott eredmények igazolták a szerző hipotézisét, melyből arra következtetett, hogy a kategorizációs stratégiák eltérőek lehetnek attól függően, hogy milyen feladat során kell alkalmaznunk őket. Ez fontos információ, hiszen segítséget nyújthat az emlékezeti deficittel rendelkezők kompenzációs stratégiáinak kialakításában, fejlesztésében. Mindehhez elengedhetetlen a kategorizációs folyamatok idegrendszeri hátterének pontos megértése, hiszen a mai napig nem tisztázott, hogy mennyire beszélhetünk modalitástól független, általános folyamatokról, és mennyire függ a perceptuális kategorizáció a korai szenzoros területek megfelelő működésétől.

Napjainkban a humán kategorizációs folyamatok pszichológiai vizsgálatára leginkább elterjedt módszerek az idegtudományi mérőeljárások. Kanwisher, McDermott és Chun 1997-es kutatásukban funkcionális mágneses rezonancia vizsgálatot (fMRI) használva azt találták, hogy a gyurus fusiformis bizonyos területeinek oxigénellátása szignifikánsan megnövekszik, ha a személyeknek arcok passzív megfigyelése volt a feladata, szemben azzal, amikor használati tárgyakat láttak. Ez az aktivitás erősebb egyenes állású, szembe fordított, nem manipulált képek esetén. Ezen eredmények a kategorizációs mechanizmusok modularista szemléletét támogatják, és elvezettek a fusiformis arcérzékeny terület ('fusiform face area', FFA) koncepciójához. Ezt a felfedezést vizsgálatok sora követte, melyek alapján még számos ilyen területet találtak az agyban, így például találtak helyekre és építményekre érzékeny részeket, vagy a testtájakra kifejezettebb aktivitást mutató területeket is (Pléh, Kovács és Gulyás, 2003).

Ezzel szemben egy későbbi, pozitron emissziós tomográfiát (PET) alkalmazó vizsgálatban (Kawashima és mtsai, 2001) azt találták, hogy növény-állat-tárgy kategorizációs feladat végzése esetén bár vannak eltérő idegi aktivitásmintázatok a különböző kategóriák bemutatása alatt, azok nem feltétlenül különbülnek el egymástól markánsan, több agyterület vérellátása változott meg mindhárom csoport prezentálása közben. Ebből arra következtethetünk, hogy noha az aktivizálódó idegi régiók mintázata összefügghet a bemutatott kategóriával, pusztán a téri eloszlás ismerete nem elegendő a kategorizációs folyamatok feltáráshoz, hiszen többnyire egymással átfedő, komplex hálózatok működése változik meg egyszerre.

Egy másik elterjedt módszer a vizuális kategorizációs folyamatok vizsgálatára 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. Ez az eljárás csak az agykéreg felszínének működésével összefüggő jelek regisztrálására alkalmas, hiszen a mélyebb struktúrák idegi aktivitását jellemző szignál gyengülése miatt nem okoz elő a fejbőrrel elvezethető, megfelelő erősségű jelet (Pléh, Kovács és Gulyás, 2003). Az EEG előnye, hogy – szemben az agyi képalkotó eljárásokkal – jó idői felbontással rendelkezik, így alkalmas a gyorsan zajló perceptuális folyamatok nyomon követésére.

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 és 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 kísérői (Antal és mtsai, 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, és bizonyos fokú érzékenységet mutat a bemutatott inger kategóriájára.

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.

Ezzel összhangban Antal és munkatársai (2000) hasonló kategorizációs feladatot alkalmaztak, azzal a különbséggel, hogy a résztvevőknek nem go/no-go feladatot kellett végezniük, hanem mindkét bemutatott kategóriára (állat – nem állat) gombnyomással kellett válaszolniuk, megerősítve ezzel, hogy a korai kiváltott válaszok nem a motoros válasz és válaszinhibíció közti különbségekből származnak. A szerzők szerint a különböző feladatok használata miatt lehetséges az is, hogy Antal és munkatársai nemcsak frontális, hanem temporális és parietális területek fölött is regisztráltak a perceptuális kategorizációt tükröző elektromos aktivitást.

A P1 komponens megjelenése még nem összeköthető a tudatosuló folyamatokkal, az azonban vitatott, hogy az N1 komponens már tükrözi-e a tudatos folyamatokat. VanRuller 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 elkezd szignifikánsan megjelenni, ez inkább csak korai vonásdetekciós folyamatokkal hozható összefüggésbe, így nem korrelál a viselkedéses adatokkal egészen nagyjából 150 ms-ig. Ennek ellenére, a viselkedéses 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.

A tudatos folyamatok idegtudományi vizsgálata igen nehéz, és gyakran a vizsgálati személyek viselkedéses visszajelzésein alapulnak. Egy nemrég közölt vizsgálat rámutatott azonban arra, hogy a viselkedéses változók sem feltétlenül korrelálnak a tudatosulás

mértékével, és látórendszerünk számunkra tudatosan nem értelmezhető jellemzők alapján is befolyásolhatja döntéseinket. Honey és munkatársai (2008) viselkedéses vizsgálatainkban azt a jelenséget használták ki, hogy arcokat ábrázoló ingerek esetén gyorsabban tudunk egy képpel kapcsolatosan döntéseket hozni. A személyeknek két bemutatott képről kellett gyors szemmozgással döntést hoznia, de könnyen felismerhető, eredeti fényképek mellett Fourier-spektrumra bontott, majd bizonyos fokig összekevert ingereket is alkalmaztak. Eredményeik alapján a résztvevők még akkor is gyorsabb döntést hoztak az arcokat ábrázoló képekről, ha a módosítás miatt azok egyáltalán nem voltak felismerhetőek. Mindez arra utal, hogy a kategorizációs folyamatok részben olyan alacsony szintű információon alapulnak, melyek még a módosítás után is megmaradtak a képeken, azonban nem társulnak tudatos felismeréssel.

A fentiek alapján elmondhatjuk, hogy mai napig nem egyértelmű, hogy agyunkban hol és mikor zajlanak le azon folyamatok, amelyek lehetővé teszik a gyors és pontos vizuális kategorizációt. 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 hullámé kategorizációs folyamatokat tükröz majd. Feltételeztük továbbá, hogy az N1 hullám kategória-érzékenysége a képek felismerhetőségének rosszabbodásával csökkeni fog. Amennyiben ilyen hatás a viselkedéses változókkal (teljesítmény és reakcióidő) párhuzamosan megjelenik, az arra utalhat, hogy az N1 hullám olyan idegi aktivitást reprezentál, amely lényegesen meghatározhatja a tudatos döntéseket.

## **Módszerek**

### ***Résztvevők***

Kutatásunkban 12 egészséges, jobbkezes személy vett részt: 7 lány, 5 fiú (M(átlagéletkor)= 21,83, SD=1,11). Rákérdeztünk a személyek látásélességére, ami minden esetben szükség szerint korrigálva volt. A résztvevők egyike sem szenvedett fejlődési, pszichiátriai vagy neurológiai rendellenességben.

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), valamint biztosítottuk őket a bizalmas adatkezelés felől is; a beleegyező nyilatkozatot valamennyien aláírták. Mivel vizsgálatunk kapcsán nem merültek fel etikai kérdések és kifogások, etikai jóváhagyásra nem volt szükség. A személyek semmiféle fizetségben vagy jutalomban nem részesültek a részvételért.

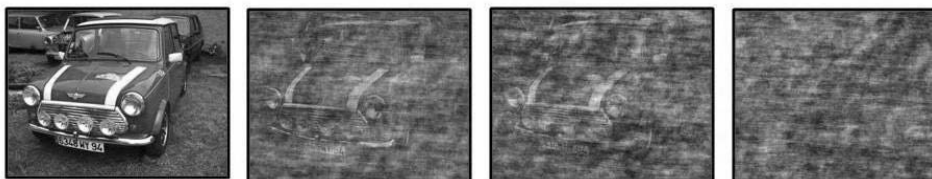
### ***Ingerék***

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.

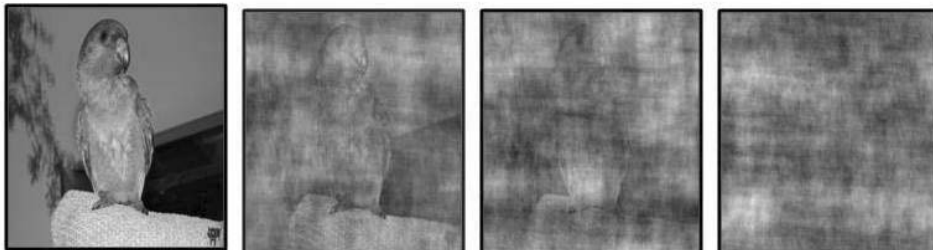
A kísérleti személyeknek autókat, illetve madarakat ábrázoló színes képeket mutattunk be. A képeket az internetről válogattuk, a célingerek (autó vagy madár) mindegyikén könnyen azonosíthatóak voltak, méret, luminancia, illetve összetettség tekintetében megegyez-

tek. Összesen négyféle képtípust (kondíciót) alkalmaztunk: egyrészt eredeti, könnyen azonosítható, másrészt pedig háromféle Fourier-spektrumra bontott, majd fázisuk szerint különböző mértékben összekevert képeket állítottunk elő. Az eljárás elterjedt módja a kognitív idegtudományban kontrollképek előállításának, és lehetővé teszi a képek felismerhetőségének manipulálását, miközben megtartja a képek térbeli frekvenciáit, az egyes frekvenciák orientációját, a színeket, a luminanciát és egyéb fizikai paramétereiket. A Fourier-módosított képeket a Matlab (MathWorks Inc., Natick, USA) szoftver segítségével állítottuk elő és egy előzetes tesztelést követően választottunk ki. A 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 a teljesen random fáziskeverést jelzi (ez utóbbi felismerhetetlen ingerek előállítását jelenti). A tesztelési fázisban 10 személy végzett autó-madár kategorizációs feladatot hatféle, különböző mértékben felismerhető zajos képtípuson. A résztvevőknek bal, illetve jobb egérgombot kellett nyomni annak megfelelően, hogy autót vagy madarat véltek felfedezni a képernyőn. Ezen adatok elemzését 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 négyféle kondícióban autó-madár kategóriánként 30–30, azaz összesen 240 képet mutattunk be, random sorrendben. A kutatásban használt képekre az 1. ábrán látható példa.

A



B



1. ábra. Az ábrán a kutatásokban 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 egetret. 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 egy fele az egér bal gombját, a másik fele pedig jobb gombját nyomta meg autó esetén, hogy az oldalíság ne befolyásolja a kapott eredményeket. Az adatfelvételkor a részt-

vevők először a képernyőn megjelenő instrukciót olvasták el, majd annak érdekében, hogy biztosak legyünk abban, hogy az alany megértette a feladatot, szóban is megismételtük azt. A személyek egy gombnyomással indították a kísérletet. A képernyőn elsőként 1000ms-ig egy fixációs pont, majd ezt követően a négy kondíció valamelyikéből egy kép jelent meg, amelyet a személy 500ms-ig látott. A program a következő képet a válaszgomb lenyomását követően 1000ms elteltével jelenítette meg. Annak érdekében, hogy elkerüljük az esetleges gyakorlási hatást, az alanyok minden képet csak egyszer láttak.

A vizsgálat során ugyanezen képek szürkeárnyalatos, illetve más módszerrel manipulált változatait is bemutattuk a kísérleti személyeknek, azonban az e képekre kapott adatok nem szerepelnek jelen dolgozatban. Az összesen bemutatott képek száma miatt a regisztráció 3 blokkban történt és mintegy 30 percig tartott

### ***EEG-regisztráció***

Az EEG-adatok felvételéhez a BioSemi cég (BioSemi B.V., Amszterdam, Hollandia) 32 csatornás EEG készülékét 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 kiszűrhessek 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 10kOhm alatti volt. Az adatrögzítés 0,01Hz-es és 100Hz-es szűrők segítségével történt.

### ***Az EEG-adatok elemzése***

Az EEG-adatok elemzéséhez a Matlab szoftver EEGLAB programcsomagját (*Delorme és Makeig, 2004*) alkalmaztuk. Első lépésben az adatokat 1100ms (az inger bemutatását megelőző 100ms-os, illetve a bemutatást követő 1000ms-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 1000ms-on belül megnyomta a megfelelő válaszgombot. A pislogással 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 20Hz-es alul áteresztő szűrővel távolítottuk el a magasabb frekvenciákat.

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

### ***Statisztika***

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 (autómadár), 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.

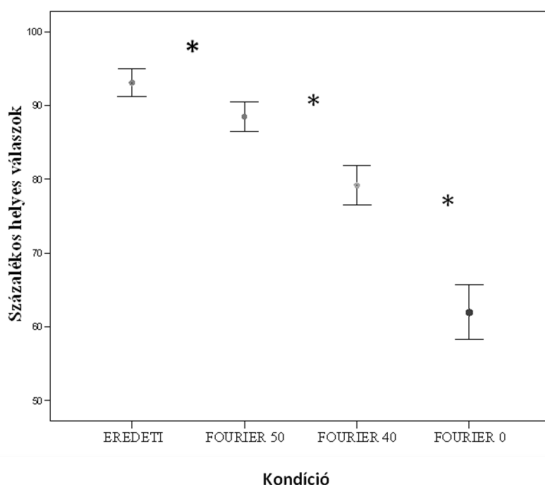
Megnéztük, hogy a P1-es és az N1-es hullám amplitúdójára milyen hatással van a kondíció (a képes felismerhetősége), a kategória (autó-madár), a lateralitás (jobb és bal oldali okcipito-parietális elvezetés), illetve ezek interakciója. Vizsgálatunk során a leginformatívabb eredmény a kategória-kondíció interakció volt, hiszen ez jellemzi, hogy a kategóriák közötti különbség eltér-e az egyes kondíciók között. Az EEG-adatok elemzése során a 4 (kondíció)  $\times$  2 (kategória)  $\times$  2 (elektróda) elrendezésű ismételt méréses ANOVA mellett olyan varianciaanalízist is lefuttattunk, ahol a kondíciókat páronként vittük be annak érdekében, hogy a közöttük lévő különbségeket felderítsük.

Az adatok elemzésére az SPSS statisztikai programot (SPSS Inc., Chicago, USA) használtuk.

## 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 páronkénti összehasonlítás statisztikáját a 2. ábra mutatja. Szignifikáns kategória főhatást nem találtunk, így a továbbiakban a kategória-hatást nem vizsgáltuk kondíciópárokra lebontva.

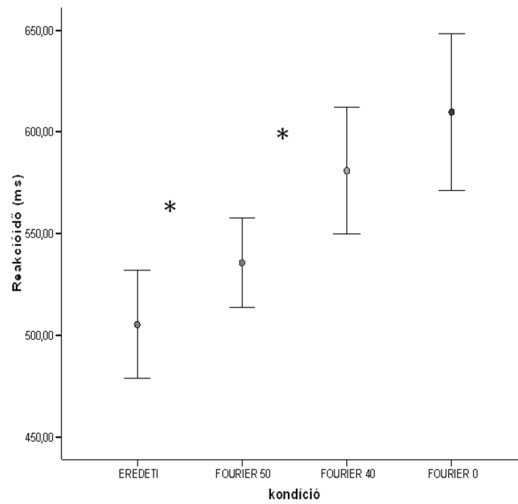


2. ábra. A százalékos helyes válaszok és a hozzájuk tartozó átlagos hiba kondíciók szerint. A csillag a szignifikáns különbségeket jelöli ( $p<0,05$ ).

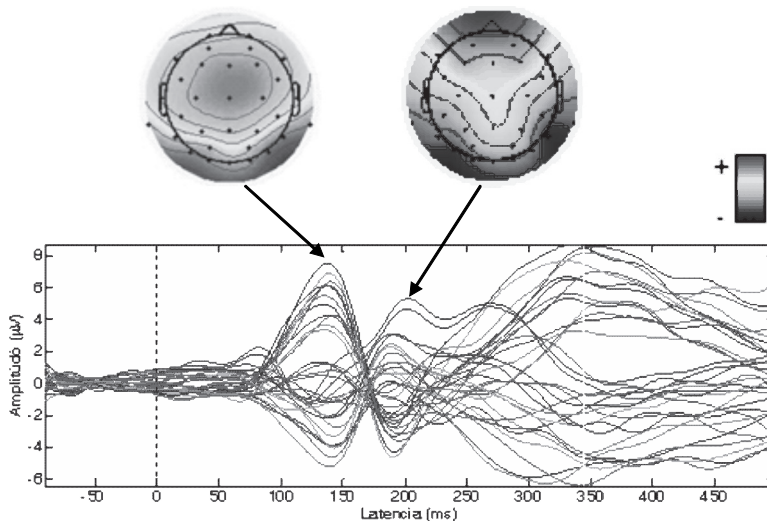
A 4 kondíció összehasonlítása során a reakcióidő esetében – a teljesítményhez hasonlóan – szignifikáns kondíció főhatást találtunk ( $F(3,9)=6,866$ ;  $p=0,011$ ), a páronkénti összehasonlítás pedig a Fourier 0-ás és Fourier 40-es párok kivételével minden esetben szignifikáns eltérést mutatott a különböző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

### EEG-adatok

Az elemzéssel kapott eseményfüggő potenciálokot az összes elektródán a 4. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy mind a P1, mind az N1 esetében a skalpeloszlás szimmetrikusan, a hátsó okcipito-temporális régió felett mutat maximumot.



3. ábra. A reakcióidő és a hozzá tartozó átlagos hiba. A csillag a szignifikáns különbségeket jelöli ( $p < 0,005$ ).

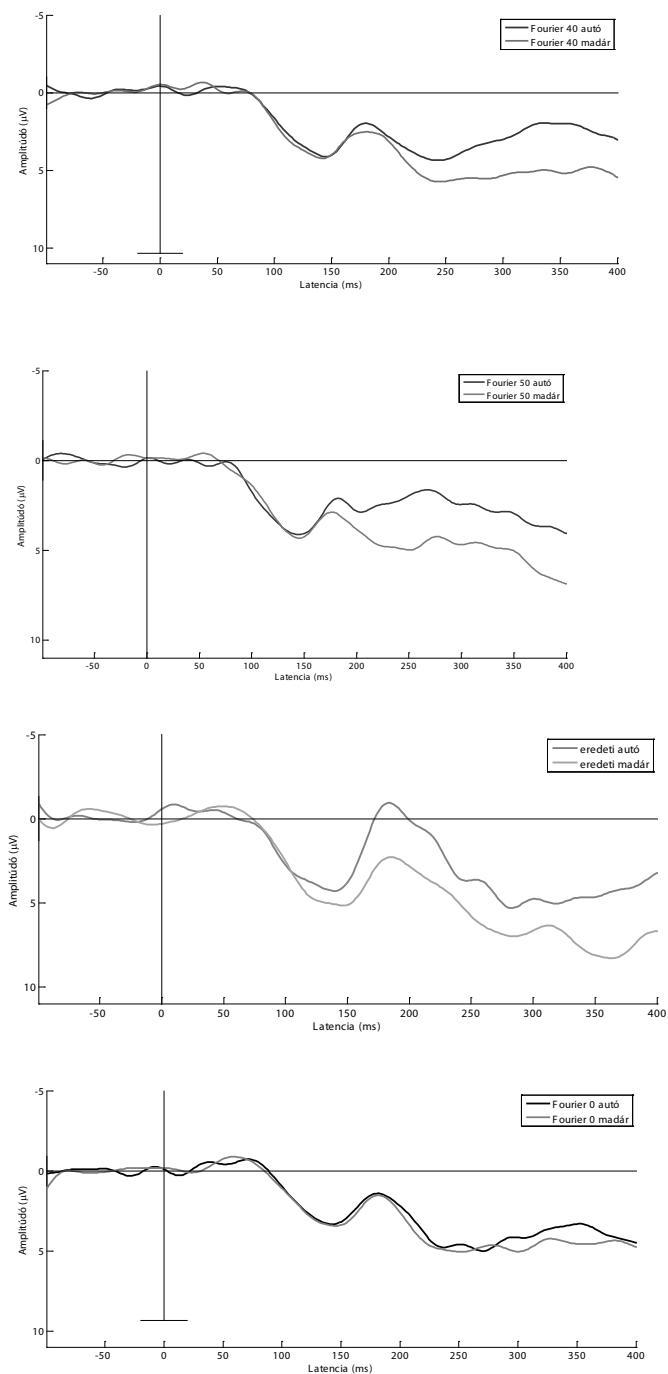


4. ábra. 32 csatornán regisztrált eseményfüggő potenciálok egymásra vetítve. Jól látható a 140ms körül kiemelkedő P1-es, valamint a 190ms körüli N1-es komponens (nyílak). A 350ms körüli komponens a P3-as potenciál, amely jelen tanulmányban nem került elemzésre. Mindkettő esetében a skalposzlás a hátulso okcipito-temporális régió feletti maximumot mutat.s

Az eseményfüggő potenciálokat minden kategóriára, minden kondícióban jobb oldali elvezetéssel az 5. ábra mutatja.

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





5. ábra. Az eseményfüggő potenciálok a PO8-as elektródán. Jól látható, hogy a felismerhetőség rosszabbodásával a kategóriák (autó-madár) N1 komponenseinek amplitúdója közötti különbség csökken

1. táblázat. Az átlag amplitúdók ( $\mu V$ -ban) és szórások mindkét kategóriára, mind a 4 kondícióban

	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

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 mérés ANOVA-kat végeztünk, páronként összehasonlítva a kondíciókat. A páronkénti összehasonlítás statisztikája a 2. táblázatban található.

2. táblázat. A P1 komponens elemzése során a 4 kondíció páronkénti összehasonlításakor alkalmazott ismételt mérés ANOVA F-értékei

	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

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

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, további 2 (kondíció)  $\times$  2 (elektróda)  $\times$  2 (kategória) elrendezésű ismételt mérés ANOVA-kat végeztünk, páronként összehasonlítva a kondíciókat. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. Az N1 hullám elemzése során a 4 kondíció páronkénti összehasonlításakor alkalmazott ismételt mérés ANOVA F-értékei

	Kategória főhatás	Kondíció főhatás	Kategória-kondíció 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

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

## 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 képtípu-

sok felismerhetőségét. Ezzel összhangban, az N1 komponens esetében a kategóriaíratás a képek felismerhetőségének rosszabbodásával csökkent. Mindemellett a P1 komponens is mutatott hasonló változásokat, de csak a könnyen azonosítható, eredeti fényképek esetén. Bár ezen eredmények alapján arra következtethetünk, hogy az N1 amplitúdó jól reprezentálja a kategorizációval kapcsolatos, feladatfüggő perceptuális folyamatokat, arra a kérdésre, hogy ezt mennyire befolyásolja a frontális területek top-down hatása, valamint hogy az N1 aktivitása tudatosuló folyamatokat reprezentál-e, nem kaptunk egyértelmű választ.

Meglepőnek tűnhet, hogy már egy olyan korai komponens, mint a P1 hullám is mutat kategória-érzékeny hatást, ugyan csak az eredeti képek esetén, és nem a különböző, módosított kondíciókon keresztül. Honey és munkatársai 2008-as viselkedéses vizsgálatukban azt találták, hogy arcokról nagyon gyorsan hozunk kategorizációs döntés, még akkor is, ha azok nem felismerhetők, és a döntés nem tudatosul, tükrözve a perceptuális feldolgozással kapcsolatos, tudat előtti folyamatokat. 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. Amennyiben e komponens ténylegesen kategorizációs folyamatokat is reprezentálna, úgy a jól felismerhető, Fourier 50-es képcsoportnál is tapasztaltunk volna hasonló eltéréseket. Eredményeinkhez hasonló hatást talált EEG kutatásában Johnson és Olshausen (2003) is, ahol a szerzők a megjelenő korai különbséget az ingerek fizikai eltérésének tulajdonították.

A P1 hullámmal szemben az N1 komponens tudatosulásban betöltött szerepe vitatott. Bár jelen vizsgálat eredményei alapján is elmondható, hogy a viselkedéses adatok és az N1 hullám változásai korrelálnak egymással, hiszen a teljesítményromlás és a reakcióidő-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 150ms-mal megjelenő korai negativitást is a tudatos folyamatokkal hozták összefüggésbe, azonban egy későbbi, VanRullen-nel közös munkájában (2001) már óvatosabban fogalmaz a 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 150–300ms-ig. Feltételezhető tehát, hogy az N1 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. Egyes kutatási eredmények alapján úgy tűnik, hogy az N1 komponens általános diszkriminációs folyamatokat is tükröz, és az asszociációs kérgi területek felől érkező, úgynevezett top-down hatások is befolyásolják, mivel ugyanarra az ingerre az elvégzendő feladattól függően változhat a megjelenése (Vogel és Luck, 2000). Az N1 hatás függhet továbbá a döntési nehézségtől is (Hopf és mtsai, 2002), így például vizsgálatunkban tükrözheti a módosított Fourier-ingerek felismerésének nehézségét is.

Emellett meg kell jegyeznünk azt is, hogy az egyes vizsgálatokban jelentős latenciakülönbségekkel nevezik meg az N1 komponens, mely eltérések jelentősek lehetnek az idegrendszer feldolgozási sebességét figyelembe véve. Így például, ha a korábbi munkákat vesszük alapul, vizsgálatunkban a P1 komponens latenciája szerint még a korai, nem tudatosuló potenciálokkal vethető a leginkább össze, míg az N1 hullámunk latenciája szerint már számos szerző vizsgálatában a tudatos működésekkel kerülne összefüggésbe (Johnson és Olshausen, 2003; VanRullen és Thorpe, 2001).

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 perceptuális, és mennyire tudatos folyamatokat, azonban a viselkedés és elektrofiziológiai adatok korrelációjából arra következtethetünk, hogy ezen komponens megjelenésére már hatnak magasabb rendű kognitív folyamatok is.

### Irodalom

- Antal, A., Kéri, Sz., Kovács, Gy., Janka, Z. és Benedek, Gy. (2000): Early and late components of visual categorization: an event-related potential study. *Cognitive Brain Research*, 9. sz. 117–119.
- Antal A., Kéri, Sz., Kovács, Gy., Liszli, P., Janka, Z. és Benedek, Gy. (2001): Event-related potentials from a visual categorization task. *Brain Research Protocols*, 7. sz. 131–136.
- Delorme, A. és Makeig, S. (2004): EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *J Neurosci Methods*, 134. 1. sz. 9–21.
- Gazzaniga, M. S. (2000): *The New Cognitive Neurosciences*. The MIT Press, Cambridge.
- Honey, C., Kirchner, H. és VanRullen, R. (2008): Faces in the cloud: Fourier power spectrum biases. *Journal of Vision*, 12. sz. 1–13.
- Hopf, J. M., Vogel, E., Woodman, G., Heinze, H. J. és Luck, S. J. (2002): Localizing Visual Discrimination Processes in Time and Space. *Journal of Neurophysiology*, 88. sz. 2088–2095.
- Johnson, J. S. és Olshausen, B. A. (2003): Timecourse of neural signatures of object recognition. *Journal of Vision*, 3. sz. 499–512.
- Kállai J., Bende I., Karádi K. és Racsmány M. (2008): *Bevezetés a neuropszichológiába*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest.
- Kanwisher, N., McDermott, J. és Chun, M. M. (1997): The Fusiform Face Area: A Module in Human Extrastriate Cortex Specialized for Face Perception. *The Journal of Neuroscience*, 17. sz. 4302–4311.
- Kawashima R., Hatano G., Oizumi K., Sugiura M., Fukuda H., Itoh K., Kato T., Nakamura A., Hatano K. és Kojima S (2001): Different neural systems for recognizing plants, animals, and artifacts. *Brain Research Bulletin*, 3. sz. 313–317.
- Luck, S. J. (2005): *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. The MIT Press, Cambridge.
- Pléh Cs., Kovács Gy. és Gulyás B. (2003): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Thorpe, S., Fize, D. és Marlot, C. (1996): Speed of processing in the human visual system. *Letters to Nature*, 381. sz. 520–522.
- VanRullen, R. és Thorpe, S. J. (2001): The Time Course of Visual Processing: From Early Perception to Decision-Making. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4. sz. 454–461.
- Vogel, E. K. és Luck, S. J. (2000): The visual N1 component as an index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 37. sz. 190–203.
- Wilson, R. A. és Keil, F. C. (2001): *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*. The MIT Press, Cambridge.

### Melléklet

#### SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

**Bölcsészettudományi Kar**

**Pszichológia Intézet**

6722 Szeged, Egyetem u. 2.

Tel.: (62)544-509

Tel.+Fax: (62)544-509

**University of Szeged**

**Faculty of Arts**

**Institute of Psychology**

Egyetem u. 2., H-6722 Szeged

Phone: (36 62) 544-509

Phone and Fax: (36 62) 544-509

Etikai jóváhagyás alóli mentességet bejelentő űrlap

A kutatás mentesül a Tanszéki Etikai Bizottság jóváhagyása alól, ha a kutatásról joggal feltételezhető, hogy nem okoz semmiféle terhelést, károsodást vagy sérelmet a résztvevők számára, és/vagy a kutatás nem érint fokozott körülményt igénylő populációt (mint pl. betegek, börtönbüntetést töltők, kis gyermekek, kisebbségi csoportok). Az etikai jóváhagyást nem igénylő kutatásban éppen úgy be kell tartani a pszichológiai kutatás etikai szabályait (v.ö. Tanszéki Etikai Kódex II/6 pont), mint a jóváhagyást igénylő kutatásokban.

**1. A kutatást végző diák(ok) neve:** Győri-Dani Dóra, Rokszin Adrienn

**2. A kutatásért felelős oktató neve, beosztása:** Dr. Csifcsák Gábor, egyetemi tanársegéd

**3. A kutatás címe: A VIZUÁLIS KATEGORIZÁCIÓS FOLYAMATOK ELEKTROFIZIOLÓGIAI KORRELÁTUMAI****4. A kutatás melyik kategóriába esik:**

- kurzus munka; ebben az esetben, kurzus neve
- műhelymunka
- szakdolgozati munka
- X TDK munka
- egyéb:

**5. Az etikai mentesség indoklása a megfelelő kategória aláhúzásával:**

a/ oktatási vagy nevelési módszerek vizsgálata,

b/ névtelen kérdőíves felmérések,

c/ személyiségi jogot nem sértő, nyilvános helyen történő természetes megfigyelés,

d/ munkakör, illetve szervezeti hatékonyság kutatás, amely nem jelentenek kockázatot

X egyéb: nem invazív mérőeljárás használata, egészséges felnőtt önként jelentkezőknél, anonim adatkezelés, informált beleegyezés

Szeged, 2010. november 10.

Oktató aláírása



*A Gondolat Kiadó könyveiből*