

# **A pályaszpecifikus vizuális ingerlés hatása a percepcióra**

**PhD értekezés tézisei**

**Bognár Anna**

**Témavezető: Prof. Dr. Sáry Gyula**

**Szegedi Tudományegyetem  
Általános Orvostudományi Kar  
Élettani Intézet**



**Szeged**

**2018**

## **A tézis témájához közvetlenül kapcsolódó közlemények**

Kaposvári P, Bognár A, Csibri P, Utassy G, Sály G.

### **Fusion and fission in the visual pathways.**

Physiological Research 2014;63(5):625-35. IF: 1.293

Bognár A, Csete G, Németh M, Csibri P, KincsesZs T, SályGy.

### **Transcranial stimulation of the orbitofrontal cortex affects processing of magnocellular information.**

Frontiers in Neuroscience 2017;11:234 IF: 3.566

## **A tézis témájához nem közvetlenül kapcsolódó közlemények**

Csete G, Bognár A, Csibri P, Kaposvári P, Sály G.

### **Aging alters visual processing of objects and shapes in inferotemporal cortex in monkeys.**

Brain Research Bulletin 2015;110:76-83. IF: 2,572

Kaposvári P, Csete G, Bognár A, Csibri P, Tóth E, Szabó N, Vécsei L, Sály G, Kincses Zs. T.

### **Audio-visual integration through the parallel visual pathways.**

Brain Research 2015; S0006-8993(15)00518-1. IF: 2,561

Bognar A , Csibri P , Andras CM , Sary G.

### **LCD Monitors as an Alternative for Precision Demanding Visual Psychophysical Experiments.**

Perception 2016; 1070-1083. IF: 1.087

Sály Gy , Bognár A, Navracsics J.

### **WHERE LANGUAGE AND PERCEPTION MEET: DIMENSIONAL ADJECTIVES. First and Second Language: Interdisciplinary Approaches**

Tinta Könyvkiadó 2016; pp.103-112

## Bevezetés

Látórendszerünk elemzi a környezet különböző változásait: a kontraszt és megvilágítás gyors megváltozását, mozgást, alakot, távolságot és színi információkat. Ezeket a jellegzetességeket párhuzamos pályák elemzik, melyek a retina ganglionsejtjeiből erednek: a magnocelluláris (M), a parvocelluláris (P) és a koniocelluláris ganglionsejtekből. Az M sejtek, melyek a pálcika rendszer akromatikus információit szállítják, a corpus geniculatum laterale (CGL) mély, „M” rétegeibe projiciálódnak, míg a csapok kromatikus és részlet gazdag információit szállító P sejtek a CGL felső, „P” rétegeibe futnak. A CGL rétegei után ezeket a párhuzamos pályákat M ill. P pályának hívjuk. Az M pálya sejtjei nem reagálnak színekre, de nagyon érzékenyek a megvilágítás különbségeire; már 2% luminancia kontrasztra reagálnak. Ezzel szemben a P sejtek jó színkontraszt érzékenységgel bírnak, de csak 10% luminancia kontraszttól reagálnak. Különbség van a térbeli és időbeli információ kódolásában is. Az M rendszer jó időbeli, azonban rosszabb térbeli felbontással rendelkezik, míg a P rendszer a színi információ és a finom részletek továbbításában játszik szerepet. Ezek a vizuális információ magas térbeli (HSF) elemeiből származnak, de a rendszer a magas időbeli frekvenciákra nem érzékeny. A P rendszer a központi látótér információit szállítja, az M rendszer viszont érzékenyebb a perifériás ingerlésre. Másik lényeges különbség a két rendszer között az információ továbbításának sebességében rejlik. Az M pálya információja kb. 20 ms-al előbb érkezik a CGL-be, mint a P pályáé. Az M pálya gyorsasága az alapja az időben gyorsan változó események észlelésének, pl. a tárgyak gyors mozgásának, a parietális kéregben. A P pálya viszont a tárgyak felismeréséhez szükséges bemenetet adja a halántéklebeny magas hierarchiájú vizuális területeibe. A két pálya a primer látókéreg különböző szublamínáiban végződik, és az eredeti elképzelés szerint innen indulnak az extrastriális területek felé, mint dorzális és ventrális pálya, hogy a magas hierarchiájú területeket ellássák információval. Bár a két pályarendszer létezésére sok pályajelölés és elektrofiziológiai bizonyíték van, amelyek a pályarendszerek neuronjainak tulajdonságain alapulnak, egyre több adat utal arra, hogy a két rendszer különválása nem tökéletes; több kapcsolat is összeköti őket. A pályák közti kapcsolatok alapvető fontosságúak: bár a dorzális pálya képes egyszerű vizuomotoros feladatok ellátására, a ventrális pályarendszer információi nélkülözhetetlenek a komplex viselkedési reakciókhoz. Ahhoz, hogy megértsük azt, mi a jelentősége a pályarendszerek együttműködésének a modalitások integrálásban és a környezet stabil leképezésében, a pályákat külön-külön kell ingerelnünk pályaspecifikus ingerekkel. Az egész kép megértéséhez szükséges az egyes pályák vizuális percepcióban betöltött szerepének megértése.

A fent említett sajátosságoknak megfelelően, a látótér perifériájára mutatott, akromatikus, alacsony térbeli frekvenciákkal rendelkező ingerek az M pályát, színekben gazdag, vagy izolumináns színes, HSF ingerek a látótér centrális részén pedig elsősorban a P pályát ingerlik.

## Célkitűzés

Kísérleti célunk az volt, hogy a párhuzamos pályarendszerek vizsgálatával megértsük azt, hogy miként járulnak hozzá vizuális környezetünk leképezéséhez.

A következő kérdésekre vártunk választ:

- Mi a szerepe a párhuzamos pályarendszereknek a multimodális környezet észlelésében?
- A két pályarendszer között milyen interakció teszi lehetővé a gyors kategorizációt? Vagyis: gyors döntéshozatalt igénylő helyzetekben az M rendszer által szállított gyors információknak esetleg lehet-e *top-down* hatása és ez milyen kapcsolatrendszeren keresztül valósul meg?

## I. Kísérlet

Ebben a tanulmányban a *double flash* és a *flash fusion* illúziót felhasználva azt vizsgáltuk, hogy miként járul hozzá az M és P rendszer a multiszenzoros észleléshez. Ezek az illúziók akkor jönnek létre, ha az idegrendszer bizonytalan információkon alapuló stabil percepciót igyekszik létrehozni, pl. mikor egy fényvillanást egyszerre mutatunk be változó számú rövid hangingerrel. Ez bizonyos esetekben illúziót okoz, és a hanginger függvényében a fényinger hasadását (*fission*), vagy egybeolvadását (*fusion*) okozza. Célunk az volt, hogy megértsük, hogy a párhuzamos pályák által feldolgozott különböző vizuális jegyek, valamint a pályák időbeli tulajdonságai hogy befolyásolják a percepciót a vizuális és auditoros jelek integrációja közben.

## Módszerek

### Kísérleti személyek

Harmincnégy egészséges kísérleti személy vett részt a tanulmányban. Tizenhét esetben (12 nő, átlagos életkor: 22,6 év) a harmincnégyből a látótér centrális részére kapták az ingert, a másik 17 (13 nő, átlagos életkor: 22,2 év) pedig a látótér perifériájára. Mindannyiuknak ép, vagy korrigált látása volt, ép hallással rendelkeztek és nem volt neurológiai megbetegedésük. Színlátásukat az Ishihara táblákkal vizsgáltuk. Minden résztvevő beleegyező nyilatkozatot írt alá, a kísérletet a SZTE Etikai Bizottsága jóváhagyta.

### Ingerek és pszichofizika

A kísérletben résztvevők elsötétített, hangszigetelt szobában ültek. Egy fej- és álltámasz biztosította az állandó távolságot a képernyőtől és a hangszóróktól, amelyek 57 cm távolságra voltak; ebből a távolságról a képernyő 1 cm-e 1 látófoknak felel meg. Az ingereket Viewsonic PF815 típusú katódsugárcsöves monitoron jelenítettük meg, 21"-os átmérő és 800x600 pixel felbontásban, 60 Hz frissítési frekvencia mellett. A két hangszóró szimmetrikusan, a középponttól 25°-ra helyezkedett el. A személyeknek a képernyő közepét kellett fixálniuk, hogy a retinára vetített stimulusok mindig egyforma helyzetűek és nagyságúak legyenek. Egy fehér, kör alakú stimulust (1,5° átmérő) vetítettünk vagy a látótér perifériájára, vagy a központi területre. Minden inger egységesen zöld háttéren jelent meg (8.9 cd/m<sup>2</sup>). A perifériás ingerlésnél a fixációs pont az ernyő közepére került, a stimulus pedig 9,25 ° excentricitással az ernyő szélére. Központi ingerlésénél a stimulus az ernyő közepére került, fixációs pont nem volt.

Négy kondíciót használtunk: magas kontrasztú (HC) fehér inger (63 cd/m<sup>2</sup>, kontraszt 75%), alacsony kontrasztú (LC) szürke inger (9,7 cd/m<sup>2</sup>, contrast 9%), piros szubjektív izolimináns (S-iso) és fizikai izolumináns (P-iso) (8,9 cd/m<sup>2</sup>, kontrasztkülönbség nélkül) mindkét (központi és perifériás) helyzetben.

A központi és a perifériás feladatban 4 blokk volt (négy fő kondíció: HC, LC S-iso, P-iso) amelyek random módon követték egymást, hogy kiküszöböljük a tanulási ill. fáradási hatást.

Egy blokkban 6 alkondíció volt, 6 variációban a felvillanások és hangingerek: egy villanás, egy villanás egy hanggal, egy villanás két hanggal, két villanás, két villanás egy hanggal és két villanás két hanggal. Egy alkondícióban 40 ismétlés volt, vagyis egy blokk 240 szemirandom ismétlésből állt.

Az ismétlések közt szürke háttér látszott 1000 ms hosszan. A feladat (*trial*) kezdetét a háttér zöldre váltása jelezte, amelynek luminanciája megegyezett az előző (szürke) képernyőjével. Ezen a háttéren jelent meg 200 ms múlva egy vagy két inger 17 ms hosszan, egy vagy két hanggal, az adott kondíció szerint. A villanások 85 ms különbséggel jelentek meg. A hanginger (3,5 kHz, 70 dB SPL) 10 ms hosszú volt, és az első, az első villanással egyidejűleg hangzott fel. A villanások és a hangok után az alanyoknak jelezniük kellett a billentyűzeten, hogy hány felvillanást láttak: balra nyíl = 1, jobbra nyíl = 2, a domináns kézzel, a tőlük telhető gyorsasággal és pontossággal. A billentyű lenyomása után az izolumináns szürke háttér jelent meg ( $8,9 \text{ cd/m}^2$ ) 1000 ms hosszan az ismétlések közti szünetet kitöltve. Az alanyok nem kaptak visszajelzést arról, hogy helyesen válaszoltak-e.

## Elemzés

Jeldetekciós elméletet használtunk a viselkedési adatok elemzésére, mert az alkalmas arra, hogy igazolja, hogy az illuzórikus percepció nem pusztán a válaszok torzulásából (bias) fakad. Az illúzió erejének meghatározásához a kontroll  $d'$  értékét hasonlítottuk az illúziók (*fusion or double flash*)  $d'$  értékéhez kétmintás t-próba segítségével, Bonferroni korrekcióval, minden kondícióban. Az eredményeket a  $p < 0,0025$  esetben szignifikánsnak fogadtuk el. Mivel az illúzió erejét ez a különbség írja le, ezeket az értékeket használtuk fel a kondíciók közti varianciák elemzéséhez egyutas ismételt méréses ANOVA segítségével, a centrális és a perifériás ingerlés esetében, Bonferroni *post-hoc* tesztet használva.

## Eredmények

Centrális ingerlés: a HC kondícióban, nem láttunk szignifikáns fúziós hatást,  $t(16)=1.71$ ,  $p=0.10$ ), de szignifikáns kettős villanás(*double flash*) hatást találtunk a Bonferroni korrekció után  $t(16)=5.06$ ,  $p<0.001$ . Az LC kondícióban nem volt szignifikáns fúziós hatás  $t(16)=2$ ,  $p=0.05$ , de találtunk szignifikáns kettős villanást  $t(16)=4.29$ ,  $p<0.001$ . A S-iso kondícióban mindkét illúzió megjelent fúzió, ( $t(16)=5.167$ ,  $p<0.001$ ) és kettős villanás is ( $t(16)=3.72$ ;  $p<0.01$ ). A P-iso kondícióban is, a fúzió ( $t(16)=2.771$ ,  $p<0.05$ ) és a kettős villanás is szignifikáns volt ( $t(16)=2.74$ ,  $p<0.05$ ).

A különbségekre alkalmazott ismétléses méréses ANOVA a centrális pozícióban nem mutatott szignifikáns különbséget az egyes kondíciók között (HC, LC, S-iso, P-iso) sem a fúzióra ( $F(2.676, 42.81) = 1.748$ ,  $p=0.17$ ), sem a kettős villanásra ( $F(2.472, 39.55) = 1.287$ ,  $p=0.29$ ).

Perifériás ingerlés: a HC kondícióban szignifikáns fúziós hatást( $t(16)=3.47$ ,  $p<0.01$ ) és kettős villanásttaláltunk ( $t(16)=4.86$ ,  $p<0.001$ ). Az LC kondícióban nem találtuk szignifikáns fúziós hatást, ( $t(16)=0.93$ ,  $p=0.36$ ), de a kettős villanás szignifikáns volt ( $t(16)=3.66$ ,  $p<0.01$ ). A S-iso kondícióban nem volt fúziós hatás( $t(16)=1.83$ ,  $p=0.08$ ), de szignifikáns kettős villanást találtunk ( $t(16)=3.68$ ,  $p<0.01$ ). A fizikailag izolumináns esetben mind a fúziós hatás( $t(16)=4.42$ ,  $p<0.001$ ), mind a kettős villanás hatás ( $t(16)=4.52$ ,  $p<0.001$ ) szignifikáns volt.

A különbségek ANOVA analízise a perifériás kondícióban szignifikáns különbségeket mutatott a kondíciók között (HC, LC, S-iso, P-iso) a fúziós hatásra ( $F(2.286, 36.58) = 3.898$ ,  $p<0.05$ ), de nem volt szignifikáns különbség a kettős villanás hatásra ( $F(2.684, 42.94) = 1.653$ ,  $p=0.19$ ). A fúziós hatásra elvégzett Bonferroni többszörös összehasonlítás szerint az (LC) kondícióban a control  $d'$  és fúziós  $d'$  különbsége nagyobb, mint a P-iso kondícióban.

## II. Kísérlet

A második kísérletben a párhuzamos pályák szerepét vizsgáltuk a gyors kategorizáció esetében. Az ötlet, miszerint az M információja alapvető szerepet játszik a kategorizációban, azokból a tanulmányokból ered, amelyek szerint a döntések pontossága nem romlik, ha a stimulusokban nincsenek színek, alacsony térbeli frekvenciákat tartalmaznak, és röviden, a retina perifériájára villantják őket. Ezen túl, az információ az M pályán keresztül gyorsabban éri el a kérget, mint a P pályával. A kutatókegyetertnek abban, hogy ez, a gyorsabban hozzáférhető, durva információ felgyorsíthatja a finom részletek feldolgozását, de hogy milyen kérgi pályán keresztül, az nem ismert. A kéregben az M rostjainak közel fele az inferotemporális (IT) kéregbe tart a ventrális pályával párhuzamosan, másik fele pedig a dorzális pályát adja, amelya parietális és a frontális lebeny felé tart.

Célunk az volt, hogy kiderítsük: az M rostok a dorzális pályán keresztül, a frontális kérgen át érik el az IT-t vagy a ventrális pályarendszeren keresztül. Ennek eldöntésére kategorizációs feladatot terveztünk, ahol pályaspecifikus stimulusokat alkalmaztunk, tovább transzkraniális egyenáramú ingerléssel (tDCS) módosítottuk a frontális lebeny (OFC) működését. Az elgondolás az volt, hogy amennyiben az OFC ingerlése nincs hatással sem az M sem a P pályára optimalizált ingerekkel kapcsolatos döntésekre, vagy mindkét esetben hasonló hatásokat látunk, akkor az arra utal, hogy az M információ a ventrális pályán keresztül éri el az IT-t, elkerülve az OFC-t. Ha azonban az M ingerekkel kapcsolatos döntések szelektíven módosulnak, akkor az azt jelentené, hogy az információ eléri az OFC-t és hozzáférhető *top-down* moduláció részére.

### Módszer

#### Résztevők

Negyvennyolc egészséges egyetemi hallgató (19 nő, átlagos életkor: 22,7 év) vett részt a kísérletben. Három csoportra oszlottak katód-, anódinglerlés és álingerlés. Minden résztvevő az ingerlés előtt és utána is végrehajtotta a pszichofizikai feladatot (ld. alább). Mindannyiuknak egészséges, vagy korrigált látása volt, beleértve a színlátást is, és nem volt ismert neurológiai vagy pszichiátriai betegsége. Egyikük sem fogyasztott túlzott mértékben drogot, alkoholt vagy koffeint. Kérdőívet töltöttünk ki velük, korábbi betegségekről, kezességről, alvási szokásokról, gyógyszerekről, a mentális és fizikai státuszról. Mindannyian beleegyező



nyilatkozatot írtak alá a Helsinki deklarációnak megfelelően; a tanulmányt az SZTE etikai bizottsága elfogadta (no.: 165/2014).

### Ingerek

A stimulusok 200 akromatikus képből álltak, hétköznapi tárgyakat ábrázoltak (autó, hamutartó, toll, zongora, stb.) A képeket Matlab és GIMP 2.8 programban módosítottuk: kivágtuk őket, és standardizáltuk, vagyis mindegyik egyforma nagyságú volt (4,5°, 57 cm-ről), azonos háttéren, szürke árnyalatokkal megjelenítve. A kontrasztot és a luminanciát Shine Toolbox segítségével egyenlítettük ki. Az ingerek 72 pixel/inch felbontásban és 500x500 pixel nagyságban készültek. A képeket módosítottuk, hogy szelektíven ingereljék az M ill. P pályát: Gauss szerint szűrtük (12 pixel kerner, *low-pass* szűrő) és *high-pass* szűrő (0,5 sugár) hogy kiszűrjük a magas és alacsony frekvenciákat. Az M optimalizált képek alacsony térbeli frekvenciákat tartalmaztak (LSF, <0,9 ciklus/s) míg a P optimalizált képek magas térbeli frekvenciákat (HSF, >4,7 ciklus/s). Ez a módszer hasonló Bar és mtsai. (2006) által használthoz. A képeket életbeni nagyságuk alapján két kategóriába lehetett osztani, egy részük kisebb, másikrészük nagyobb volt, mint egy cipősdoboz. Minden ingert azonos szürke háttéren mutattunk be (8,9 cd/m<sup>2</sup>). Az ingereket 23 hüvelykes LCD (Tobii Pro TX300) monitoron mutattuk be, amelynek felbontása 1920 x 1080 volt 60 Hz frissítési frekvencia mellett.

### Pszichofizika

A résztvevők hangszigetelt, gyengén megvilágított szobában ültek, és komputer képernyőn kapták meg az instrukciókat -így biztosítva, hogy mindenki azonos utasítást kapjon. A teszt alatt két ülés volt, tehát mindenki kétszer végezte el a feladatokat. Az első részben, a tDCS előtt 100 képet mutattunk, ahol egyenlő számban fordultak elő kicsi, nagy, M és P optimalizált ingerek, pszeudorandom módon. A feladat az volt, hogy eldöntsék, a látott tárgy a való életben elfér-e egy cipősdobozban. A billentyűzeten a bal nyíl a kisebbet (igen), a jobb nyíl a nagyobbat (nem) jelentette. A résztvevők előzőleg egy rövid próbán vettek részt, hogy kiderüljön, értik-e a feladatot. Az ismétlések fixációs pont megjelenésével kezdődtek (250 ms) amit a stimulus követett. Az ismétléseket a komputer időzítette (*machine paced*), ha 3 s-ig nem történt gombnyomás, a program a következő ismétlésre lépett. Nem volt visszajelzés a döntés helyességéről.

## Stimulációs protokoll

A prefrontális kéreg modulálása céljából koponyán keresztüli egyenáramú ingerlést használtunk (tDCS). Két gumielektrodát (5x7 cm) használtunk, ami a neuroConn DC ingerlőhöz csatlakozott (neuroConn GmbH). Az elektrodák elhelyezésekor Manuel AL és mtsai (2014) ajánlását követtük. Tanulmányuk szerint az OFC működésének jelentős modulálását érték el az egyenáramú ingerlést követően. A modell jelentős áramfolyást eredményezett az OFC-n keresztül, ha az elektrodákat a glabellára illetve a vertexre helyezték (Fpz és CZ a 10-20 rendszer szerint) és az elektromos mezőt 1 mA befelé folyó áramra kalkulálták. Kísérletünkben az elektrodákat a középvonalra helyeztük, a releváns aktív elektróda középpontja az OFC felett (Fpz) volt, míg a referencia elektróda a vertex fölé került. Az ingerlés 20 percig tartott 1 mA áramintenzitással, 10 s felszálló és leszálló fázis mellett mind a katódingerlés, mind az anódingerlés esetében. Az álingerlésnél az elektrodákat felhelyeztük a koponyára, de nem történt ingerlés, csak a 10 s felszálló és leszálló fázis. Ez nem okoz változást a kérgi ingerlékenységben, de ugyan azt a viszkető érzést hozza létre. Az álingerlés szintén 20 percig tartott. A kísérlet egyszeres vak volt: a kísérletező ismerte a protokollt, de a vizsgálati alanyok nem.

## Statisztika

Az M és P optimalizált ingerek feldolgozási különbségeit SPSS Inc. program segítségével vizsgáltuk (válaszlatencia, korrekt válaszok aránya) ingerlés előtt és után. Páros *t*-próbát használtunk, a különbségeket szignifikánsnak fogadtuk el, ha az I. típusú hiba <0,05 volt. A transzkraniális ingerlés hatásait ismételt mérések, három utas ANOVA segítségével hasonlítottuk össze, ahol a csoportok közti faktorok az ingerlés módja, a csoporton belüli faktorok pedig a pszichofizikai teszt időzítése (ingerlés előtt és után) és a stimulus típusa (M és P pályára optimalizáltság) volt. A válaszok helyességét és a válaszok reakcióidejét az ingerlés előtt és utána is összehasonlítottuk.

## Eredmények

Válaszok helyessége és a válaszok latenciája ingerlés előtt.

A 3 résztvevő csoport ekkor még a feladatot azonos körülmények között hajtotta végre ( $n=48$ ). Kétmintás  $t$ -próbát használtunk. A korrekt válaszok aránya  $91.50 \pm SD=4.05$  volt az M ingerek esetében és  $90.06, \pm SD=4.69$  a P ingereknél, statisztikai különbség nem volt ( $p=0.12$  ( $df=47, t=1.58$ )). Az M stimulusokra adott válaszok latenciája rövidebb volt ( $0.90$  s,  $\pm SD=0.20$ ), mint a P ingerekre ( $0.98$  s,  $\pm SD=0.23$ ), a különbség szignifikáns volt ( $p<0.01$ ,  $df=47, t=-3.95$ ). Fenti adatok arra utalnak, hogy a reakcióidők különbsége az M és P ingerek feldolgozási különbségeiből adódik, nem pedig a stimulusok felismerhetőségéből. A teszt egyúttal azt is igazolta, hogy az M stimulusok feldolgozásához rövidebb idő kell, az ingerek M optimalizálása sikeres volt.

Ingerlés hatása a válaszok latenciájára.

Háromutas, ismételt mérések ANOVA-t használtunk a fő hatás és az ingerlés-válaszidő közti lehetséges interakciók kimutatására. A belső tényezők az M ill. P ingerek, a pszichofizikai teszt ideje (ingerlés előtt vagy után) volt, a csoportok között pedig az ingerlés típusa (anód-, katód-, álingerlés). Minden lehetséges kölcsönhatást figyelembe vettünk. A reakcióidőkben nem találtunk szignifikáns különbséget az ingerléssel kapcsolatban [ $F_{(2, 45)} = 1.336, p = 0.273, \text{partial eta-squared} = 0,06$ ]. Különbség mutatkozott azonban a stimulus típusától függően [ $F_{(1, 45)} = 28.46, p < 0.01, \text{partial eta squared} = 0.39$ ] és a mérés idejét illetően [ $F_{(1, 45)} = 8.69, p < 0.01, \text{partial eta-squared} = 0.16$ ]. Az ingerlés utáni reakcióidők minden stimulus esetén rövidebbek lettek, és az M ingerekre adott válasz mindenütt rövidebb latenciájú volt. Nem találtunk kölcsönhatást a stimulus típusa és az ingerlés módja között [ $F_{(2, 45)} = 0.59, p = 0.56, \text{partial eta-squared} = 0.03$ ], a tesztelés ideje és stimulus típusa között [ $F_{(1, 45)} = 0.65, p = 0.42, \text{partial eta-squared} = 0.014$ ]. Továbbá, a vizsgált 3 faktor között sem volt interakció [ $F_{(2, 45)} = 1.99, p = 0.15, \text{partial eta-squared} = 0.81$ ].

Az ingerlés hatása a válaszok pontosságára

Háromutas ismételt mérések ANOVÁ-t használtunk, hogy megvizsgáljuk, volt-e az ingerlésnek hatása az OFC-re. A faktorok: ingertípusa (M és P), a teszt elvégzésének ideje (ingerlés előtt vagy után) és az ingerlés típusa (anód-, katód-, álingerlés). Minden lehetséges kölcsönhatást megvizsgáltunk. A faktorok interakciója szignifikáns volt [ $F_{(2, 45)} = 5.81, p <$

0.01, partial eta-squared = 0.21]. Az ingerlési típusnál szignifikáns különbséget találtunk a csoportok között [ $F_{(2, 45)} = 4.77$ ,  $p < 0.01$ , partial eta-squared = 0.18]. Különbség mutatkozott a stimulusok típusa esetében is [ $F_{(1, 45)} = 13.74$ ,  $p < 0.01$ , partial eta-squared = 0.23], de a fenti faktorok interakciója nem volt szignifikáns [ $F_{(2, 45)} = 1.03$ ,  $p = 0.36$ , partial eta-squared = 0.04]. A teszt idejét tekintve nem találtunk lényeges különbséget [ $F_{(1, 45)} = 1.79$ ,  $p = 0.19$ , partial eta squared = 0.04]. Az tesztelés ideje és az ingerlés típusa között jelentős interakció volt [ $F_{(2, 45)} = 9.64$ ,  $p < 0.01$ , partial eta-squared = 0.30], de nem volt interakció a tesztelés ideje és a stimulálás módja között. A három faktor közti interakció arra utal, hogy az ingerlés módja és ideje közti kölcsönhatás a stimulusok típusától (M és P) függ. Vagyis, a tesztelés ideje és az ingerlés típusa (3 mód) közti összefüggés függ a M és P stimulusoktól, ezért a tesztelés idejének hatását és az ingerlés módját a stimulusok vonatkozásában vizsgáltuk. Bonferroni post-hoc teszttel néztük meg, melyik csoportok és kondíciók között vannak szignifikáns hatások. A legfontosabbkülönbségeket az M stimulusok esetében, az ingerlés előtt és után, anód ( $p < 0,01$ ) és katód ingerlés ( $p < 0,015$ ) vonatkozásában találtuk. A válaszok pontossága javult, ha anódingerlés előzte meg, és romlott, ha katódingerlés után végezték a tesztet. A stimulus típusok szintjén vizsgálva különbséget találtunk ingerlés után az álingerléses csoport ( $p < 0,01$ ) és az anódingerléses csoport ( $p < 0,01$ ) között. Továbbá, különbségek voltak a különböző csoportok között is: az M ingerek utáni válaszhelyesség különbözött az álingerléses és az anódingerléses csoport között ( $p < 0,01$ ) és az anódingerléses és katódingerléses csoport között is ( $p < 0,01$ ).

## Következtetés

Az első kísérletben azt vizsgáltunk, hogyan befolyásolja a szelektíven ingerelt pályák időbeli felbontása a koherens multimodális percepciót. A különböző modalitásokból származó inkonzisztens információ a percepcióban félrevezető lehet. Ez megfigyelhető ha egyszerre mutatunk változó számú rövid hangokat vizuális ingerekkel. A bimodális információ konfliktusa a dupla villanásban (*double flash*) ill. a fúzióban (*flash fusion*) nyilvánul meg.

Mivel a párhuzamos látópályák időbeli felbontása különböző, feltételezzük, hogy ezek a pályák a különböző modalitásból származó, egymásnak ellentmondó információk integrálásban lényeges szerepet játszanak. E feltételezés tesztelésére a fenti multimodális illúziókat használtuk pályaspecifikus ingerekkel. Eredményeink szerint mindkét pálya szerepet játszik a dupla villanás illúzióban, de a fúziós illúzió megléte az aktivált pályától függ. Az M pálya, mivel időbeli felbontása jobb, nem támogatja a fúziós illúzió létrejöttét, a P pálya viszont, mivel időbeli felbontása rossz, támogatja a fúziós illúziót.

A második kísérletben a párhuzamos pályák szerepét vizsgáltuk kategorizációs feladatban. A gyors kategorizációs döntés a hétköznapi életben alapvető fontosságú, mégis, az idegi háttér nem ismert. Két fő feltételezés van, mindkettő egyetért abban, hogy az első, globális benyomásokat az M pálya szállítja, de különböző hipotézisek vannak arra vonatkozóan, hogy milyen kérgi pályák húzódnak meg a háttérben.

Kategorizációs feladatot használtunk, ahol az alanyoknak a látott tárgyak méretéről kellett dönteniük. LSF és HSF ingereket használtunk az M és P pályák szelektív ingerlésére, mivel ezek térbeli fekvenciatartalma illeszkedik az M és P pálya tulajdonságaihoz. Továbbá, a frontális lebeny (az M pálya egyik lehetséges célpontja) transzkraniális ingerlésével befolyásolni tudtuk az M típusú képekkel kapcsolatos döntéseket, de a P típusúakat nem. Eredményeink azt az elképzelést támogatják, hogy a gyors vizuális kategorizációs döntésekben fontos az M pálya által szállított durva információ, amely áthalad a frontális kérgen.

Ezekben a tanulmányokban bemutattuk, hogy az M és P pálya különböző módon járul hozzá a környezet stabil vizuális reprezentációjához.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni prof. dr. Sály Gyulának, az Élettani Intézet vezetőjének és egyben témavezetőmnek segítségét és támogatását.

Tisztelettel köszönöm prof. dr. Jancsó Gábornak, hogy felvett az Idegtudományi PhD programba.

Szeretném megköszönni kollégáimnak, dr. Kaposvári Péternek, dr. Csibri Péternek, Utassy Györgyinek a kísérletekben és az analízisben nyújtott segítséget.

Külön köszönet illeti dr. Kincses Zsigmond Tamást, dr. CseteGergőt és a Képző Kutatócsoport valamennyi tagját, a kooperáció biztosításáért.

Köszönöm korábbi és jelenlegi hallgatóimnak, dr. András Csaba Márknak, Németh Margitnak és Sáringer Szabolcsnak a segítséget.

Szeretném megköszönni az Élettani Intézetnek azt a légkört, amiben dolgozhattam.

Végül, leginkább köszönöm barátaimnak és szüleimnek a támogatást és bátorítást.

A munkát a jelölt által elnyert TÁMOP 4.2.4. A/2-11-1-2012- 0001 és az UNKP-17- 3 ösztöndíjak támogatták.