

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

Természettudományi és Informatikai Kar
Élettani, Szervezettani és Idegtudományi Tanszék

Tudományos Diákköri Konferencia Dolgozat

XXXI. OTDK Biológia Szekció

Audiovizuális integráció a magno- és parvocelluláris pályán

Bognár Anna

Biológus MSc I. évfolyam

Témavezető: Dr. Sály Gyula

Konzulens: Dr. Toldi József

2012

Tartalmi összefoglaló

Pszichofizikai kísérletünkben a multiszenzoros integrációt vizsgáltuk, double flash illúzió kísérleti paradigma használatával, melyben rövid ideig tartó egyszerű felvillanással és párhuzamosan leadott két rövid hangingerrel egy újabb villanás illúzióját kelthetjük. E mellett a flash fusion illúziót is vizsgáltuk, mely két, rövid ideig tartó egyszerű felvillanással párhuzamosan bemutatott rövid hangingerrel az egyik felvillanás hiányának illúzióját keltheti.

Kísérletünk célja volt megállapítani az audiovizuális információk ilyen jellegű integrációjának a hátterét. Stimulusainkat úgy alkottuk meg, hogy szelektíven ingereljük a vizuális rendszer két nagy feldolgozó pályáját. A magnocelluláris pályát alacsony kontrasztú stimulusokkal ingereltük szelektíven, míg a parvocelluláris pálya ingerlésekor izolumináns stimulusokat alkalmaztunk. A két pályát egyszerre magas kontrasztú stimulusokkal ingereltük. A különböző fotoreceptorok más-más arányban és minőségben járulnak hozzá a pályák működéséhez. Mivel a csapok és pálcikák retinális eloszlása nem egyenletes, ezért centrális és perifériás kondíciókat is alkalmaztunk.

A double flash illúzió megjelenését különböző mértékben, de minden kondícióban tapasztaltuk. A periférián bemutatott stimulusok detekciója, az irodalomban leírtakkal ellentétben, jobb volt. Ez a különbség az általunk használt nagyméretű stimulus jó detektálhatóságából fakadhat, szemben az irodalomban jellemzően használt, kis méretű, kevésbé jól detektálható stimulusokkal.

Centrális stimulus esetén az érzékenység alacsonyabb volt. Legalacsonyabb érzékenységet az izolumináns centrális stimulus bemutatása esetén tapasztaltunk, ahol így igen erős, korábban nem tapasztalt fúziós jelenség mutatkozott.

Kísérleti eredményeink alapján feltételezhető, hogy a vizsgált illúziók kialakításában eltérő módon, jellemző működéseiknek megfelelően, mindkét vizuális pálya részt vesz.

Kulcsszavak: audiovizuális integráció, double flash illúzió, flash fusion illúzió, magnocelluláris pálya, parvocelluláris pálya.

Rövidítés gyűjtemény:

AK – Alacsony kontrasztú

C – centrális

Df – double flash

F – fúzió

F1B0 – egy felvillanást tartalmazó kondíció

F1B1 – egy felvillanással párhuzamosan bemutatott egy hangingert tartalmazó kondíció

F1B2 – egy felvillanással párhuzamosan bemutatott két hangingert tartalmazó kondíció

F2B0 – két felvillanást tartalmazó kondíció

F2B1 - két felvillanással párhuzamosan bemutatott egy hangingert tartalmazó kondíció

F2B2 – két felvillanással párhuzamosan bemutatott két hangingert tartalmazó kondíció

FIzo – Fizikailag izolumináns

M-pálya – magnocelluláris pálya

MK – magas kontrasztú

P-pálya – parvocelluláris pálya

P – perifériás

SIzo – Szubjektíven izolumináns

Sz – szenzitivitás

Tartalomjegyzék

Tartalmi összefoglaló:	2
Rövidítés gyűjtemény:	3
Tartalomjegyzék:	4
Bevezetés	5
Kísérleti bevezető:	8
Célkitűzéseink:	14
Metodika:.....	14
Felhasznált stimulusok.....	15
Statisztika.....	18
Eredmények	19
Kiegészítő kísérlet:	23
Eredmények	24
Összegzés:	26
Nyilatkozat	29
Hivatkozások	30
Köszönetnyilvánítás	32

Bevezetés

A környezetünkben számos információ vesz körül minket, ezek az információk fizikai energiák formájában jelennek meg például hő, mechanikai energiaként. Ezen információk érzékelésére különleges szervekkel vagyunk ellátva, melyek a külvilágból érkező ingereket szelektíven felfogják, majd modalitás specifikus csatornákon közvetítik a központi idegrendszer számukra kitüntetett területei felé, ahol az információ feldolgozására kerül sor. A feldolgozás egyik fontos állomása a tudatosulás, mellyel teljessé, észleléssé válik az érzékelés.

Azt, hogy egyes területek milyen információkat dolgoznak fel, illetve milyen funkcióval rendelkeznek, régen sérülések esetén szerzett funkcióvesztéssel, illetve állatokon végzett léziós kísérletekkel próbálták feltárni. Mára sokkal kifinomultabb módszerek, funkcionális képalkotó eljárások állnak rendelkezésünkre az agy feltérképezésére.

Régebbi elképzelés, hogy a beérkező információk feldolgozása hierarchikus, a különböző érzékszervekből érkező információk feldolgozásuk utáni összegzésével jön létre a környezetünkről alkotott pontos képünk, ám ez a változások folytonosságához kevésbé alkalmazkodó, túl lassú feldolgozást tett volna lehetővé. Újabb kísérletek cáfolják ezt az elgondolást (Meredith, M.A. 2002). Különböző feed-back folyamatokat és laterális összeköttetéseket feltételeztek mind a kortikális és szubkortikális területek között, mely így már a többirányú információáramlás lehetőségével megvalósíthatóvá teszi a különböző modalitások közötti gyors, és összetett integrációt (Kayser et al. 2007).

A szenzoros rendszereket taglaló irodalomban számos cikk számol be multimodális integrációs folyamatokról. Ez a jelenség azokban az esetekben figyelhető meg, ha a két információ egy időben érkezik, vagy a tér egy adott pontjából (D.C. Kadunce, et al. 1997) vagy éppen jellegi, jelentésbeli összefüggéseket tartalmaz (Yuval-Grinberg 2007).

Egyes rágcslóknál megfigyelték, hogy a hallókéreg rostjainak 3-4% fut felsőbb kérgi vizuális területekhez (Budinger et al., 2006) de az auditorikus kéreg befolyásolható akár vizuális és szomatoszenzoros információk által is (Foxe et al., 2000).

Sérült embereken megfigyelték, hogy ha az alany elvesztette valamilyen érzékelő képességét, akkor az annak megfelelő ép kérgi területeken más érzékszervekből származó információkra való érzékenységet tapasztaltak. Így például PET vizsgálatok vak embereknél vizuális területen találtak többféle, többek között auditorikus ingerre való

válaszkészséget (Buchel et al., 1998) hasonlóképpen süket emberek hallókérgének funkcionális MRI-vel történő vizsgálatával vizuális ingerekre való válaszkészséget tapasztaltak (Eva M. Finney et al. 2001). Ezt a jelenséget „cross modal” plaszticitásnak nevezik.

Mára már tudjuk, hogy nem csak az egyes területek közvetlen anatómiai kapcsolatai, hanem az ott található neuronpopulációk szinkron gamma frekvenciával való tüzeléséből is lehet következtetni az adott területek összehangolt működésére, illetve az összetartozó érzékszervi információk összekapcsolódására (Senkowski, Schneider 2008). Ezen információk nem csak összekapcsolódnak, hanem segítik és kiegészítik egymást. Ez javítja az érzékelés minőségét, s ez teszi dinamikusán működő információ feldolgozási rendszerré az agyat.

Már sok multiszenzoros integrációval foglalkozó kísérletet végeztek embereken és állatokon egyaránt (főként EEG, MEG, és fMRI használatával).

A különböző modalitású információk összekapcsolásának egyik sokat kutatott területe a colliculus superior, egy sejtes rétegekből álló összetett struktúra, melybe vizuális, auditorikus valamint szomatoszenzoros információk egyaránt érkeznek (M.F. Huerta, J.K. Harting, 1984).

Macskákön végzett egysejt vizsgálatokkal a colliculus superior mélyebb rétegeiben találtak olyan sejteket, melyek külön az egyes modalitásokra nem, vagy csak minimális választ mutattak, ezzel szemben bimodális ingerlésre aktív tüzelési mintázattal válaszoltak. A jelenség hátterében az állhat, hogy egy-egy bimodális sejt egyszerre több unimodális sejtrel áll kapcsolatban. Ha ezek a sejtek csak gyengén is de reagálnak a bemutatott ingerekre akkor az ingerület összeadódva egymást erősítve (M.A. Meredith, B.E. Stein 1986) vagy gátolva (M.A. Meredith, B.E. Stein 1996) befolyásolja a multimodális sejt aktivitását (Meredith, M.A. 2002).

Multimodális integrációt kérgi területeken is megfigyeltek, például a superior temporális sulcus, az intraparietális sulcus, a parieto-preoccipitális kéregi, a posterior insula, a premotoros, a prefrontális, szomatoszenzoros és halló illetve látó kérgi területeken. Ezen területek többsége tartalmaz olyan sejteket, melyek több mint egy modalitásra képesek reagálni.

A régen unimodálisnak vélt V1 szintén képes válaszolni auditorikus ingerekre, mint ahogy azt a double flash effecttel bizonyították (Joydeep Bhattacharya 2002). Később funkcionális MRI-vel végzett vizsgálatokban elsődleges látó és halló kéregben integrációs aktivitást be is bizonyították (Martuzzi et al., 2007).

Hétköznapi tapasztalat, amikor valaki olvasni szeretne a vonaton és közben az egyik oldalán telefonálnak, a másik oldalán hangosan hallgatják a zenét, az igen zavaró lehet. Ha ilyenkor egy-két érdekes szót elkapunk az akár meg is állíthat minket az olvasásban, de félreolvashatunk szavakat, vagy éppen sorokat ugorhatunk át. Azt hogy miért is olyan nagyon nehéz szétválasztani ezeket az eseményeket, szintén a multiszenzoros integrációval magyarázható (Thomas Koelewijn et al 2010), ami nem más, mint egy több modalitásból érkező információk egyesítését lehetővé tevő folyamat, mely vizsgálható egy neuron populáció leghatékonyabb unimodális ingerekre adott válaszoktól való eltéréseivel. Ez lehet aktivitásnövekedés, illetve csökkenés is a bemutatott ingerektől függően. (Meredith, M.A. 2002).

Képesek vagyunk a különböző szótagokat és a vele egy időben mozgó ajkak egy eseményként feldolgozni. Az audiovizuális információk ilyen típusú integrációjának erősségét jól mutatja a McGurk effektus. Ha az alanyok a „ba” szótagot hallják, és eközben a szótagnak megfelelő ajakmozgást látják, akkor teljesen egyértelműen a „ba” szótagot is értik, ha viszont az ajkak a „ga” szótagnak megfelelően mozognak, akkor a kísérletben résztvevő személy „da” szótagot fog hallani. Tehát a két, egy időben érkezett ingertől eltérő, ám azok kombinációjából formálódott szótagot fognak hallani (McGurk and McDonald 1976). A látott beszéd automatikusan és öntudatlanul épül be a hallott információk áramlatába.

Ez egyfajta illúzióként is felfogható, hasonlóképpen a „double-flash effect”-hez, mely a jelenlegi dolgozat vizsgálati tárgya, így ennek részletesebb bemutatásával a kísérlet ismertetésénél foglalkozom.

Kísérleti bevezető

Kísérletünk célja a multiszenzoros integráció vizsgálata a magnocelluláris és parvocelluláris pályarendszerben. Ehhez olyan vizuális stimulusokat alkottunk melyekkel szelektíven vizsgálható a látórendszer e két nagy pályarendszere. A kísérlet pontosabb megértéséhez bemutatom a fent említett pályák felépítését illetve a közöttük lévő alapvető különbségeket.

A környezetünkből érkező, látásérzetet kiváltó ingereket a szemünk érzékeli. Ezen ingereket a szem először idegi impulzusokká alakítja át, majd továbbítja az agynak, ahol megtörténik ezen impulzusok feldolgozása.

A gerincesekre jellemző az úgynevezett mezotopikus látás, mely nem bontható egyszerűen a csapok által közvetített fotopikus és a pálcikák által közvetített szkotopikus látásra, hanem környezetünkről alkotott képünk ezen két rendszer összedolgozásával alakul ki. A receptorokban található fotopigmentek segítségével a fényenergia az idegrendszer számára feldolgozható jelekké alakul, majd a retinális parvo- és magnocelluláris ganglionsejteken összegződik. A retinális ganglionsejtek 80%-a p-ganglionsejt, 20%-a m-ganglionsejt illetve főemlősökben kis számban leírtak koniocelluláris ganglionsejteket is.

Ennek megfelelően a retinától a központi idegrendszer felsőbb látókérgi területei felé szállító rendszer három fő pályarendszerre bontható, ezek a magnocelluláris, későbbiekben M-pálya, a parvocelluláris, későbbiekben P-pályaként említett rendszer illetve koniocelluláris-pálya, melyeket a corpus geniculatum laterale rétegeiben található különböző méretű sejtek alapján neveztek el.

A corpus geniculatum laterale, olyan hat rétegű struktúra mely a vizuális kéreg felé haladó információk egyik fontos átkapcsolási helye. A rétegek nem csak retinotopikus térképükben, de a bennük elhelyezkedő idegsejtek méretében is eltérést mutatnak. A alsó két réteg nagy, úgynevezett magnocelluláris, a négy felső réteg kicsi, parvocelluláris sejteket tartalmaz. Ezek a sejtek nem csak méretükben, hanem receptív mezejük nagyságában és preferált ingereikben is különböznek. Míg a magnocelluláris sejtek nagy receptívmezővel rendelkeznek és elsősorban a fénysűrűségről közvetítenek információkat, addig a parvocelluláris és koniocelluláris sejtekről ismert, hogy a csapok felől kapják fő bemeneteiket, így a színlátásban játszanak fontos szerepet. A továbbiakban a kísérletünkben vizsgált két párhuzamos vizuális feldolgozó rendszerrel az M- és P-pályával foglalkozom részletesebben.

A P-pálya elsősorban olyan színes ingerekre képes reagálni melyeknek viszonylag magas, legalább 10%-os kontraszttal rendelkeznek. Ezen pályának jelentős szerepe van a felületi mintázatok azonosításában, ugyanakkor vékony átmérőjű axonjaiknak köszönhetően az információ vezetése igen lassú, így sokkal kevésbé képes a gyorsan mozgó ingerek elkülönítésére, mint a vastag axonokkal rendelkező, ezáltal gyorsabb vezetést lehetővé tevő M-pálya, melynek preferált ingerei közé tartoznak a mozgó stimulusok. A corpus geniculatum laterale kissejtes rétegeinek sérülése esetén ennek megfelelően megfigyelhető a textúra- és színdiszkrimináció, látásélesség és kontraszt észlelés erőteljes romlása, míg a mozgó ingerek elkülönítése ép marad. Az M-pálya fontos jellemzője a mozgó stimulusok detektálásán kívül, hogy elsősorban achromatikus, és már igen alacsony kontrasztos ingerekre is képes reagálni. Kísérletekben bizonyították, hogy akár már 1,9%-os kontraszt különbség érzékelésére is képes és körülbelül 16%-os kontraszt különbségnél már maximális teljesítményt mutat (Kaplan E, Shapley R 1986).

A két pálya a corpus geniculatum laterale elhagyása után is jól elkülöníthető. Azonban a kontraszt érzékenység nem csupán a P- és M-sejtek egyedi jellemzői, hanem a különböző vizuális areák is jelentős különbséget mutatnak a kontraszt érzékenységükben. Az elsődleges vizuális kéreg kontraszt érzékenysége például a P-pályához hasonló, bár jól ismert, hogy mindkét pályarendszertől kap bemenetet (Sclar et al. 1990).

Az asszociációs vizuális területeken ezen pályák stimulus preferencia alapján továbbra is jól elkülönülnek illetve a vizuális hármass (V3) terület után egymástól szétválva alkotják a dorzális és ventrális látópályaként ismert rendszereket. A ventrális pályarendszer elsősorban P-pálya felől kap bemenetet A ventrális pálya végállomása az occipito-temporális komplex mely a tárgyakra leginkább szelektív terület. A vizuális inger fajtájától így például textúrától, színtől, luminanciától, de akár nézőponttól, mérettől függetlenül aktiválódnak sejtjei. Szerveződésére már nem jellemző a retinotopikus elrendeződés, sérülése esetén csak a kisebb kategóriák felismerési képessége veszik el. Sokat kutatott területe a fusiform gyrus, melynek középső része fusiform face area-ként ismert, mely jelentős szerepet játszik az arcfelismerésben, de ezen területen valamint az inferior temporális gyrus-ban szintén rendkívül magas aktivitást vált ki a különböző testrészek bemutatása, így feltételezik, hogy ezen kategóriára szelektív sejtpopulációk egymással átfedően helyezkednek (Marius V. Peelen and Paul E. Downing 2004).

Dorzális pálya az M-pálya felől kapja fő bemenetét. A pálya egyik fő feldolgozó állomása a mediotemporális területet tekintik, mely az M-pályának megfelelő kontraszt érzékenységgel és kontraszttelítődéssel jellemezhető. Az itt található sejtek mozgás,

sebesség, valamint irányultság szelektívek, illetve ezen tulajdonságok eltéréseire reagálnak érzékenyen és kapcsolatban állnak a frontális lebenyi szemmozgató mezővel, ezáltal erősítve a mozgás detekcióban betöltött szerepüket.

A fent bemutatott tulajdonságok alapján lehet alkotni olyan vizuális stimulusokat, melyekkel a két pálya működése jól elválasztva vizsgálható.

P-pálya specifikus ingerlése színes, izolumináns stimulusokkal valósulhat meg. Ennek megalkotásához az irodalomban használt úgynevezett flicker módszert használható, melyben általában egy adott luminanciájú zöld inger és egy változó luminanciájú piros inger jelenik meg váltakozva magas frekvenciával. Amennyiben a kettő stimulus között luminancia különbség van a kísérleti alanyok a két szín váltakozását és a luminancia különbségből adódó éles villogást látnak, míg ha eléri a piros inger luminanciája a zöld ingernek megfelelő szubjektív izolumináns szintet, akkor ez a villogás megszűnik, és a két szín keverékéből kialakuló színű állandó, egységes ingernek látszik. Ezt követően a piros stimulus luminanciájának további emelésével a két szín ismét szétválllik és élesen villogó ingerként különül el egymáson. (Kveraga et al. 2007). Elektrofiziológiai kísérletekkel is bizonyították a kiváltott potenciál első negatív komponensének amplitúdójának növekedését az izolumináns ponthoz közeledve, illetve az ettől távolodó értékeknél annak csökkenését (Tobimatsu et al. 1996). Az általunk használt pontos metodikát a vizuális stimulusok fejezetben mutatom be.

A P-pálya kizárása alacsony kontrasztú, 10% kontrasztkülönbség alatti achromatikus inger bemutatásával történhet. Ebben az esetben az irodalomban alkalmazott Michelson-kontraszt értéket használtuk fel, mely a háttér és a stimulus luminancia különbségéből számolható ki.

A mindkét pályarendszer által látható stimulus egy magas kontrasztú stimulus lehet.

Tehát kísérletünkben P- és M-pálya specifikus és mindkét pályarendszer számára detektálható ingereket használtunk fel, ezzel szelektíven vizsgálva a két pályarendszer viselkedését a bevezetőben már megemlített, úgynevezett duoble flash effektben.

A double flash illúziót Shams és munkatársai írták le egy 2000-ben megjelent cikkükben. Ez az illúzió azért vált kiemelkedően fontossá a multiszenzoros integráció kutatásában, mert elsőként bizonyította, hogy nem a látás az uralkodó inger a multiszenzoros feldolgozásban, hanem az auditorikus stimulusok is legalább hasonló, ha nem nagyobb mértékben részesülnek a multiszenzoros feldolgozásban. Kísérletünkben jól detektálható egymástól jól elkülöníthető vizuális stimulusokat mutattak be, illetve ezekkel párhuzamosan hanginger bemutatását végezték. A többszörös hang inger bemutatásakor a

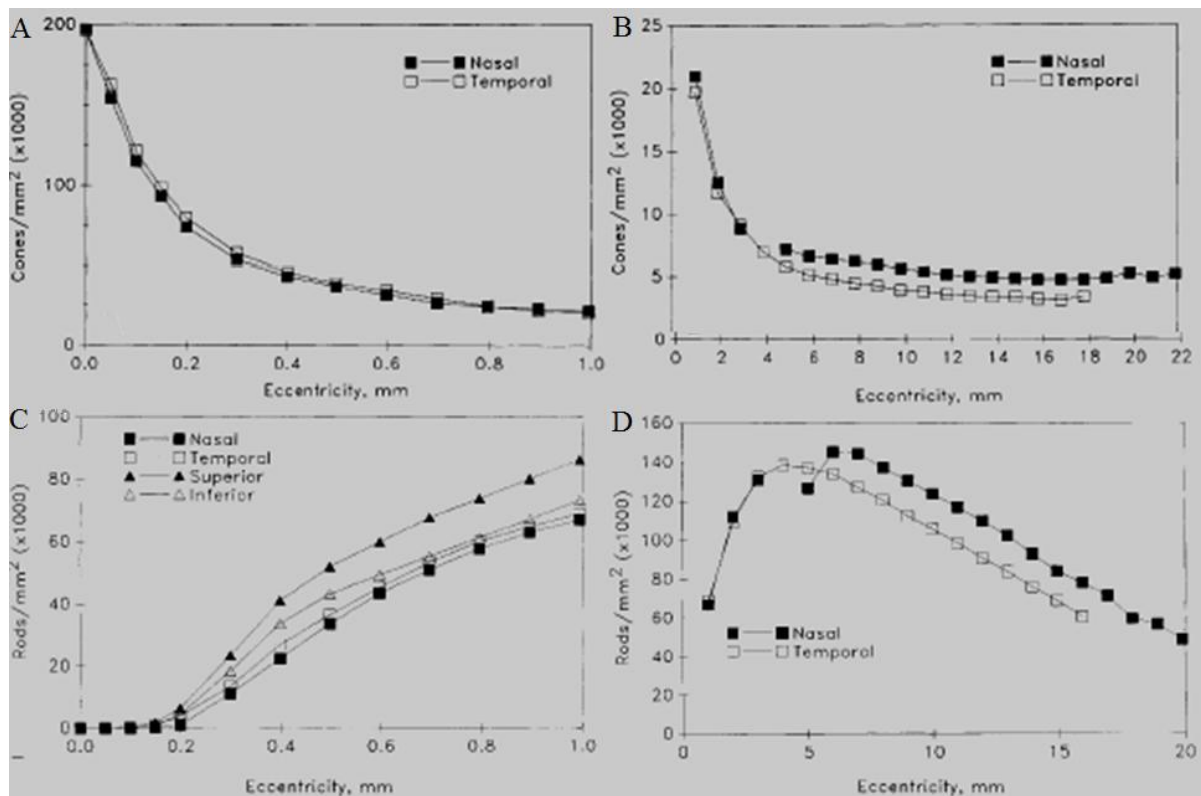
kísérleti alanyokban többszörös felvillanás érzetét keltették. Kísérletükben továbbá megállapították, hogy csak a 100 ms-on belüli felvillanások okoznak illúziót, a két különböző modalitást ettől nagyobb időablakba nem képesek integrálni a multiszenzoros neuronok. Már a következő évben újra publikáltak, ennek az illúziónak az időbeli viselkedését és a vizuális stimulus tulajdonságainak hatását vizsgálva. A felvillanások és hangingerek random bemutatásának köszönhetően bemutattak két felvillanást és vele párhuzamosan bemutatott egy hangingert tartalmazó stimulus párt, mely ettől fogva flash fusion vált ismertté.

Később elektrofiziológiai kísérletekben is tesztelték a double flash illúziót és bebizonyosodott, hogy az illuzórikus felvillanás észlelése esetén az elsődleges vizuális kéreg felől a vizuális stimulus hiányában is elvezethető a vizuális ingerlésre jellemző kiváltott potenciál, míg ha ugyan ezen kondícióban belül az alany helyesen dönt a felvillanások számáról, akkor a hang hatására kialakuló jel gyengül, illetve teljesen meg is szűnik (L. Shams et al 2001). A fusion illúzióban ezzel ellentétben a második felvillanás által kiváltott potenciáljának gyengülését okozza. Ezen eredmények azt tükrözik, hogy az elsődleges vizuális area sokkal inkább válaszol a tudatosuló ingerekre, mint a vizuális stimulusra (Watkins et al 2006).

A fent bemutatott illúziók értékelésére Watkins és munkatársai bevezették a szignál detekciós teória használatát, mely lehetőséget ad az unimodális és bimodális stimulusokra való érzékenységek megállapítására (Watkins et al. 2006).

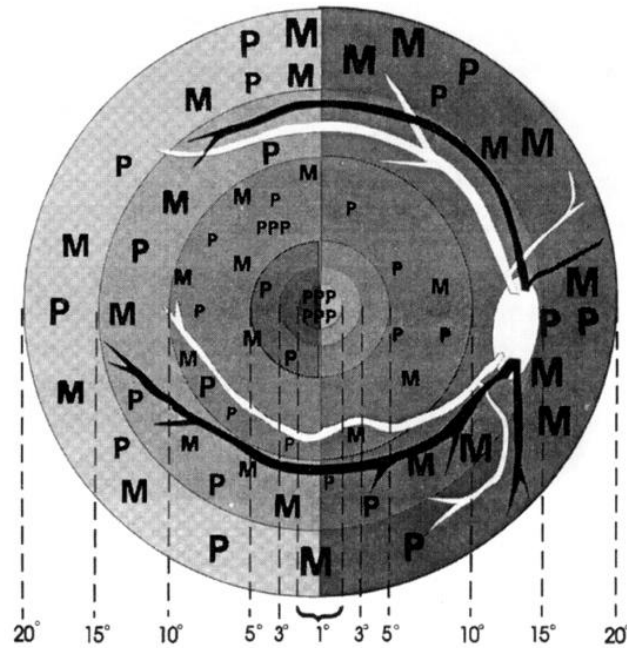
Korábban már leírták, hogy a double flash paradigmában a detekciós érzékenység alacsonyabb, ezáltal az illúzió erősebben jelentkezik a periférián bemutatott ingerek esetén, mint a centrálisan történő bemutatáskor, így kísérleti elrendezésünket úgy állítottuk össze, hogy ezt a feltevést is teszteljük.

A humán retina körülbelül 4,6 millió csapot és 92 millió pálcikát tartalmaz, melyek eloszlása a retina területén nem egységes. A csapok sűrűsége a fovea területén a legmagasabb körülbelül $199,000 \text{ csap/mm}^2$, de a foveán belüli eloszlásuk sem teljesen egyenletes, legmagasabb a sűrűségük $0,032 \text{deg}^2$ távolságban ettől a ponttól távolodva a csapok száma a periféria felé haladva fokozatosan csökken. A foveában pálcikák nem találhatók, ezért ezt a területet nevezzük a retina pálcika mentes zónájának, melynek átlagos átmérője $0,35 \text{mm}$, $1,25^\circ$. A foveától távolodva megjelennek a pálcikák. A retina perifériális csap pálcika aránya szintén nem egyenletes, a temporális látófélben a pálcikák aránya jóval meghaladja a nazális térfélben találhatóét (Christine A. et al. 1990).



1. ábra: A, a csapok megoszlása a fovea területén a középponttól 1mm-es távolságig a nazális és temporális térfél irányába haladva. B, a csapok retinális eloszlása a fovea központjától 22mm-es perifériás távolságban. C, a pálcikák megoszlása a fovea területén a középponttól 1mm-es távolságig. D, a pálcikák retinális eloszlása a fovea központjától 20mm-es távolságig a periférián nazális és temporális térfélen vizsgálva (Christine A. et al. 1990).

Ennek a retinális elrendezkedésnek megfelelően helyezkednek el a retinális ganglionsejtek is. A bemenetét elsősorban csapoktól kapó kis sejttestű azaz, parvocelluláris ganglionsejtek találhatóak kizárólag a fovea területén. Rendkívül kicsi receptív mezővel rendelkeznek, a foveától távolodva a p-sejtek receptív mezeje fokozatosan növekszik. Ezzel szemben az m-sejtek fő bemeneteiként a pálcikák ismertek, ennek megfelelően ezen ganglionsejtek periférián eloszlása egyenletes, illetve a fovea területén teljes hiányuk figyelhető meg (Lennie P. 1980).



2. ábra: A képen az M- és P- ganglionsejtek retinális elhelyezkedése látható, illetve a receptív mezők változását szemlélteti a betűméretek változása (Lennie 1980).

Mivel P- és M-pálya specifikus ingereket alkalmaztunk figyelembe kellett vennünk a stimulusok méretének megalkotásánál, hogy azok mely retinális területre vetülnek.

Centrális stimulusunkat úgy alkottuk meg, hogy az a foveára vetüljön, ezáltal elsősorban a csap gazdag és pálcikákban szegény retinarészt ingereltük. Perifériás stimulusként az irodalomban már korábban is alkalmazott kör alakú ingert használtunk mely egy retinára vetülő állandóan jelenlevő fixációs pont körül egyenlő távolságban jelent meg, így a perifériális retinának mind a pálcikában gazdagabb és szegényebb régióit is egyformán ingereltük.

Célkitűzéseink

Pálya specifikus stimulusokkal vizsgálni az illúzió kialakulásának hátterét, illetve az egyes pályarendszerek hozzájárulását az illúziók kialakulásához.

Metodika

Kísérletünkben 17 önkéntes egyetemista vett részt, férfiak és nők vegyesen. Életkoruk 19-27 év közé esett, átlagéletkoruk 22,6 volt. Normál vagy korrigált látással, normális hallással rendelkeztek. Színlátásukat ishihara tábla segítségével a kísérlet előfeltételeként teszteltük. A kísérletben való részvételről írásos beleegyezést adtak. Egyikük sem volt epilepsziás és nem tudott a családban sem epilepsziás esetről, illetve nem játszott hangszeren hivatásszerűen. A kísérleti személyek kéz dominanciát tekintve vegyes populációt alkottak, de kísérleti feladatban felhívtuk figyelmüket, hogy a domináns oldali kézzel végezzék feladatukat. A személyek semmiféle fizetségben vagy jutalomban nem részesültek a részvételért.

Kísérlet egy elsötétített és hangszigetelt szobában történt. Kísérleti alanyaink egy CRT monitor (600x800-as felbontás és 60Hz-es frissítés) előtt ültek, állukat szemvizsgáló állványba helyezve, így minimalizáltuk kísérlet közbeni mozgást és állítottuk a monitor-szem távolságot 57 cm-re. Ezáltal is biztosítva a retinán ingerelt terület azonos eccentricitását. Megkértük őket, hogy a feladatok előtt elhangzó instrukciókat tartsák be. Ez a centrális ingerek esetén a képernyő közepén felvillanó stimulus fixálása volt, ezzel biztosítva a stimulus retina foveális területére történő vetülését, a perifériás ingerek esetén az alanyainknak a közepén megjelenő pontot kellett fixálniuk és megkértük őket, hogy ne a bemutatott stimulus részeire tekintsenek, ezzel biztosítva a retina periférián történő ingerlését.

Első lépésben az alanyok feladata volt a zöld-piros izolumináns inger értékének kiválasztása. Következőkben 48 kondícióban vizsgáltuk alanyainkat. Minden kondícióban 40 ismétléssel.

Felhasznált stimulusok

Kísérletünkben nyolc különböző vizuális stimulust használtunk fel. Az ingerek bemutatása egységesen zöld háttéren történt, melyet az izolumináns kondíció követelt meg. A zöld háttér luminanciája 10 cd/m^2 volt. Az alanyok válasz gomb megnyomását követően egy szintén 10 cd/m^2 luminanciájú 1000 ms szürke háttéren fixáltak.

A pályák preferenciája alapján nyolcféle stimulust különítettünk el.

Magas kontrasztú (MK) stimulusunk egy 63 cd/m^2 luminanciájú fehér inger volt, így a zöld háttérrel alkotott kontraszt különbsége 72,6 % mely mindkét pályarendszer számára jól látható. Minden stimulust centrálisan és perifériásan is bemutattuk. Centrális (C) bemutatás minden esetben a képernyő közepén $1,5^\circ$ -os koronggal történt, a pálcika mentes régiónak köszönhetően ezen stimulusaink mindig elsősorban a P-pályának kedveztek, míg a perifériás (P) bemutatás esetén egy $8,5^\circ$ - 10° -ig tartó kört alkalmaztunk melynek a közepén fixációs pontot helyeztünk el. A perifériás ingerrel az M-pályát és a P-pályát hasonló mértékben ingereltük. MK-C stimulusaink így elsősorban a P-pályát voltak képesek meghajtani, míg a az MK-P stimulusok mindkét pályarendszert egyszerre ingerelték

Az alacsony kontrasztú (AK) stimulus szürke volt, luminanciája 11 cd/m^2 volt, így kialakítva a háttérrel a 4,8 %-os kontraszt különbséget. AK-C stimulusunk alacsony kontraszt különbsége miatt M-pálya számára látható, ám az M-pálya centrálisan nem ingerelhető hatékonyan, AK-P stimulusunk képes nagymértékben ingerelni az M-pályát, míg a P-pálya számára láthatatlan.

Kontraszt különbséget mindkét esetben a Michelson-kontraszt segítségével állapítottuk meg az alábbi képletet alkalmazva:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$$

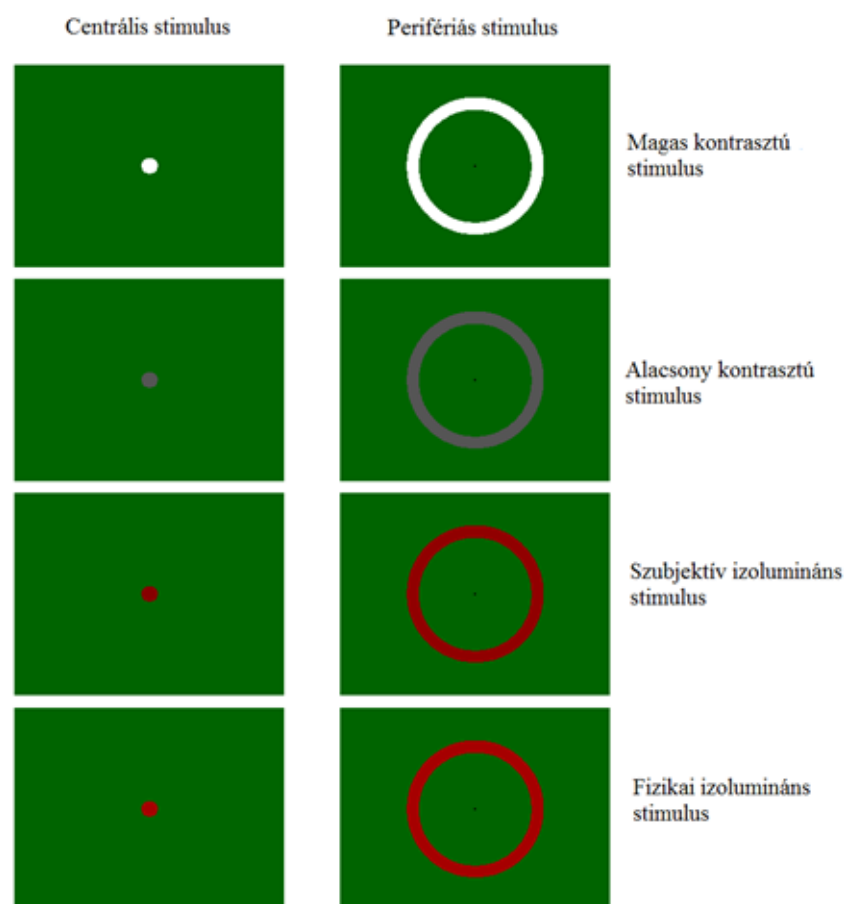
Melyben az $I_{\max}$ a felhasznált stimulus, míg az $I_{\min}$ a háttér luminancia értéke.

P-pálya specifikus ingereink a zöld háttéren felvillanó piros stimulus volt, melyekből kettőt alkalmaztunk. Az egyik az irodalomból jól ismert, a kísérlet bevezetőjében leírt heterochromatic flicker fotometria segítségével beállított szubjektív izolumináns inger, továbbiakban SIzo.

A flickert úgy alkottuk meg, hogy a 10 cd/m^2 -es zöld háttéren magas frekvenciával mutattunk be egy növekvő luminanciájú piros stimulust. Az izoluminancia értéket centrálisan és perifériásan is beállítottuk, ugyanis a csapok érzékenységéből és arányától

függően ez az érték a különböző retina területeken változó. A stimulusaink közepén 1-12ig növekvő sorrendben számok jelentek meg, mellyel párhuzamosan egyenletesen növeltük a piros szín fényesség értékét. Alanyainknak be kellett számolni, melyik számnál látták a luminancia különbségből adódó villogás megszűnését. Az ilyen jellegű izoluminancia azonban nem egyenlő a nulla kontraszt különbséggel, így bár az SIzo-C stimulusunk alkalmas a P-pálya specifikus ingerlésre, a SIzo-P inger azon kívül, hogy rendkívül jól meghajtja a P-pályát, kontraszt különbsége miatt mégis számolnunk kell azzal, hogy hatása van az M-pályára is.

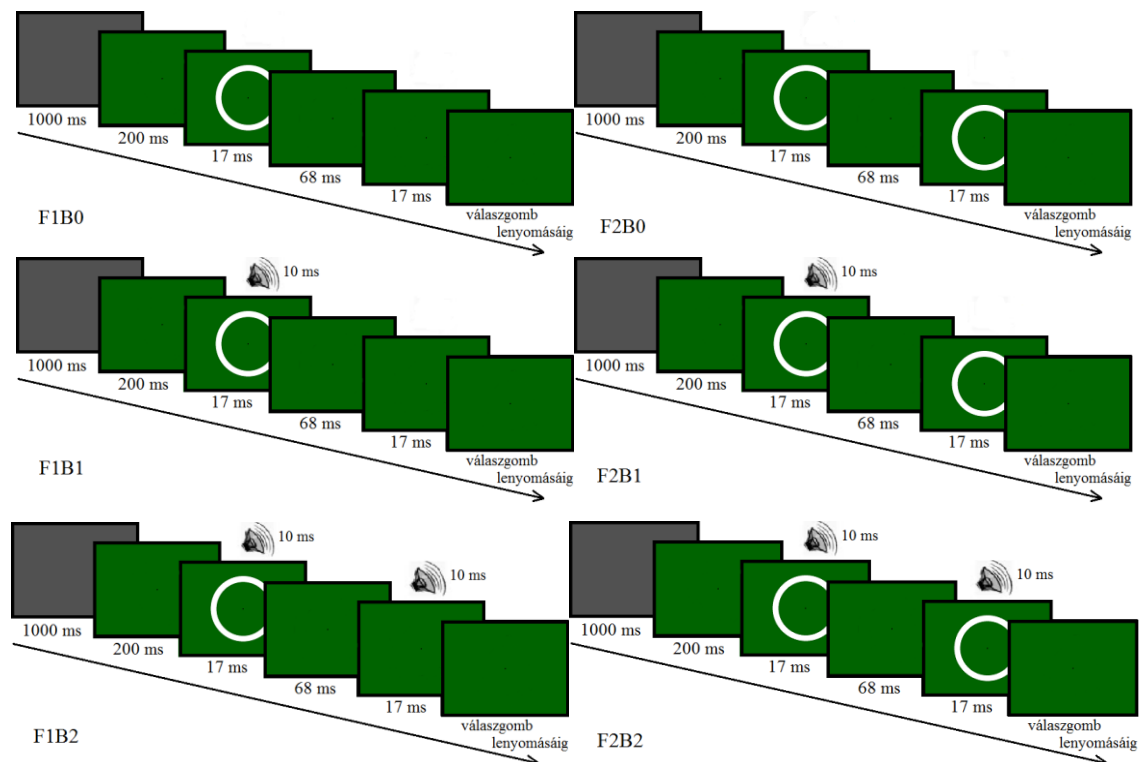
A másik P-pálya specifikus inger az általunk beállított valódi, fizikális izoluminanás, (FIzo) stimulus, melyben a zöld háttér 10 cd/m^2 -es luminanciája mellé egy szintén előre kimért 10 cd/m^2 -es lumináciájú piros ingert párosítottunk. A FIzo-C stimulus így P-pálya specifikus ingerlésre alkalmas, míg a FIzo-P stimulus a kontraszt különbség hiánya miatt a pálcikák által érzékelhetetlen.



3.ábra: A képen általunk felhasznált vizuális stimulusok láthatóak a szövegben megtalálható leírásnak megfelelő sorrendben ábrázolva.

A fent bemutatott vizuális stimulus készlettel vizsgáltuk az audiovizuális integrációt. Ehhez egy 10ms hosszan bemutatott 3.5 KHz-es, sinusos, 70 dB-el hangingeret használtunk. Minden vizuális stimulusal hat kondíciót alakítottunk ki, majd ezeket random mutattuk be. Az általunk használt kondíciók F1B0, F1B1, **F1B2**, F2B0, **F2B1**, F2B2 F jelöli a felvillanások számát, B a bemutatott hangingeretek számát, a vastaggal szedett betűk az illuzórikus kondíciókat. A legkomplexebb stimulus bemutatás az F2B2 kondícióban történt, ezt a kondíciót bemutatom, a többi a 4. ábrán folyamatábrákkal illusztrálom.

F2B2: Az alanyoknak 1000 ms hosszan szürke háttérrel mutattunk be, majd 200 ms-on keresztül zöld háttéren egy pontot kellett fixálniuk. Ezt követően mutattuk be az egy frame azaz, 17 ms-ig tartó vizuális stimulus, mellyel párhuzamosan 10 ms-os hang lejátszása történt, majd 68 ms-os interstimulus intervallumban szintén a fixációs pontot tartalmazó zöld háttér maradt fent, majd egy újabb 17 ms-ig tartó felvillanás ezzel párhuzamosan 10 ms-os hanginger bemutatás történt. A válaszadásig az előzőeknek megfelelő zöld háttérrel mutattuk be, majd ez a ciklus a szürke háttér újbóli bemutatásával kezdődött elölről.



4. ábra: A képen a kísérletben használt kondíciók láthatóak e perifériás magas kontrasztú bemutatással példázva.

Alanyaink feladata a képernyőn megjelenő megfelelő inger fixálásán kívül, gombnyomással minél gyorsabban és minél pontosabban válaszolni az általuk látott felvillanások számára.

Statisztika

Kísérleti eredményeink kiértékelésére a szignál detekciós teóriát használtuk fel.

A szignál detekciós teória olyan statisztikai eljárás, mellyel modellezhető a döntéshozási folyamatban az adott ingerre való érzékenységi szint. A double flash illúzió esetén a Watkins és munkatársai által 2006-ban leírt módszert alkalmaztuk:

$d' = z(H) - z(F)$, ahol z az inverz kumulatív normál, H -érték a két felvillanást tartalmazó kondíciókban (F2B0, F2B1, F2B2) a második felvillanás helyes detektálásának százalékos aránya, F -érték az egy felvillanásos kondíciókban (F1B0, F1B1, F1B2) a felvillanás helytelen detektálásának százalékos aránya. Ha a helytelen döntések száma alacsony akkor magas érzékenységről beszélünk, amennyiben egy stimulus esetén megnő a helytelen döntések aránya, akkor az érzékenység alacsonyabb szintű. Ebből adódóan, ha a d' érték nullához közeli akkor a szignálról való döntés véletlenszerű, értéke minél magasabb annál nagyobb az érzékenység.

Az F1B0-ból és F2B0-ból számolt d' érték megadja a vizuális stimulusra való érzékenységet.

Az F1B1-ből és az F2B1-ből számolt d' érték megadja a vizuális stimulusra való érzékenységet a fúzió kondícióban.

Az F1B2-ből és az F2B2-ből számolt d' érték megadja a vizuális stimulusra való érzékenységet double flash kondícióban.

Majd ezt követően a különböző pálya specifikus kondíciókon belül vetettük össze a hang nélküli szenzitivitást, a fúzió illúziójára való érzékenységgel és a double flash illúzióra mutatott érzékenységgel páros t -próba segítségével. Szignifikánsnak a 0,05 alatti p -értékeket tekintettük.

Eredmények

A szignál detekció felhasználásával kapott átlag és szórás értékeinket az 1. és 2. táblázat tartalmazza. Ezeket az értékeket páros t-próbával vetettük össze. A szignifikáns eredményeket az 5. és 6. ábrán mutatjuk be. Az így kapott p értékek a 3. táblázatban kerülnek összefoglalóan bemutatásra.

Periférián a magas kontrasztú stimulus double flashre való érzékenység szignifikánsan különbözött a vizuális stimulusra mutatott szenzitivitástól $p < 0,0083$, míg a fúzióban nem találtunk szignifikáns különbséget $p < 0,346$. Alacsony kontrasztú perifériás stimulus esetén szintén a double flash kondícióban találtunk szignifikáns eltérést $p < 0,0002$, fúzió esetén nem volt szignifikáns különbség $p < 0,5863$. Szubjektív izoluminancia esetén periférián szintén nem volt szignifikáns különbség a fúzióra való érzékenységben $p < 0,2247$, double flashre azonban itt is szignifikáns különbséget találtunk $p < 0,0001$. Fizikális izoluminancia esetén szignifikáns eltérést a double flash kondíció mutat $p < 0,0119$, míg a fúzióra nem mutat szignifikáns különbséget $p < 0,4228$.

Centrálisan a magas kontrasztú stimulus double flashre való érzékenység szignifikánsan különbözött a vizuális stimulusra mutatott szenzitivitástól $p < 0,0001$, míg a fúzióban nem találtunk szignifikáns különbséget $p < 0,1084$. Alacsony kontrasztú centrális stimulus esetén szintén a double flash kondícióban találtunk szignifikáns eltérést $p < 0,0006$, fúzió esetén nem volt szignifikáns különbség $p < 0,0552$. Szubjektív izoluminancia esetén a double flashre $p < 0,0019$ és a fúzióra való érzékenység $p < 0,0001$ szignifikánsnak mutatkozott. Fizikális izoluminancia esetén szintén szignifikáns eltérést tapasztaltunk fúzió $p < 0,0136$ és double flash illúzió esetén $p < 0,0147$ is.

Kondíciók		Átlag	Standard error	szórás
MK-C	szenzitivitás	3,374120	0,687490	1,417300
	Fúzió	2,944120	0,600970	1,238930
	double flash	1,706470	0,836494	1,724477
AK-C	szenzitivitás	2,905290	0,579660	1,195000
	fúzió	2,495880	0,590310	1,216960
	double flash	1,617650	0,750947	1,548113
Slzo-C	szenzitivitás	3,136470	0,524310	1,130912
	fúzió	2,079410	0,645940	1,331639
	double flash	2,140000	0,651480	1,343056
Flzo-C	szenzitivitás	3,324120	0,692020	1,426630
	fúzió	2,586470	0,661220	1,363130
	double flash	2,174710	0,861610	1,775970

1. táblázat: Centrális kondíciók d' értékeinek átlagai és szórás értékei.

Kondíciók		Átlag	Standard error	szórás
MK-P	szenzitivitás	3,694710	0,653230	1,346660
	fúzió	3,331760	0,797810	1,644720
	double flash	2,757060	0,626170	1,290890
AK-P	szenzitivitás	3,527060	0,704800	1,452990
	fúzió	3,352940	0,676560	1,394760
	double flash	2,222940	0,711570	1,466933
Slzo-P	szenzitivitás	3,691180	0,645160	1,330020
	fúzió	3,330590	0,712760	1,469400
	double flash	2,462350	0,694960	1,432700
Flzo-P	szenzitivitás	3,250000	0,548330	1,130410
	fúzió	3,008820	0,712550	1,468960
	double flash	2,326470	0,724920	1,494468

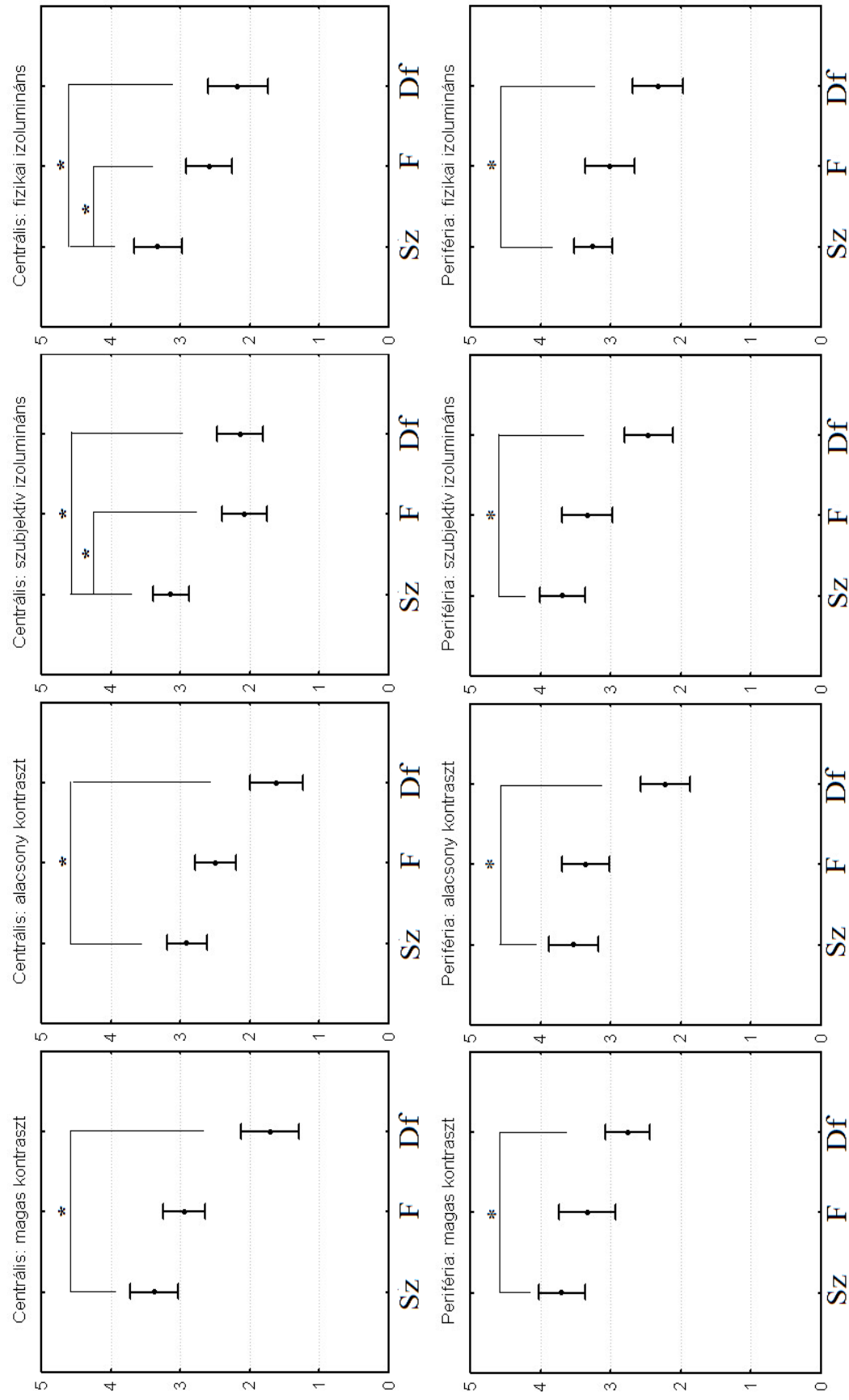
2. táblázat: Perifériás kondíciók d' értékeinek átlagai és a hozzájuk tartozó szórás értékek.

	fúzió	'df'
MK-P	$p < 0,346$	$p < 0,0083^*$
AK-P	$p < 0,5863$	$p < 0,0002^*$
Slzo-P	$p < 0,2247$	$p < 0,0001^*$
Flzo-P	$p < 0,4228$	$p < 0,0119^*$
MK-C	$p < 0,1084$	$p < 0,0001^*$
AK-C	$p < 0,0552$	$p < 0,0006^*$
Slzo-C	$p < 0,0001^*$	$p < 0,0019^*$
Flzo-C	$p < 0,0136^*$	$p < 0,0147^*$

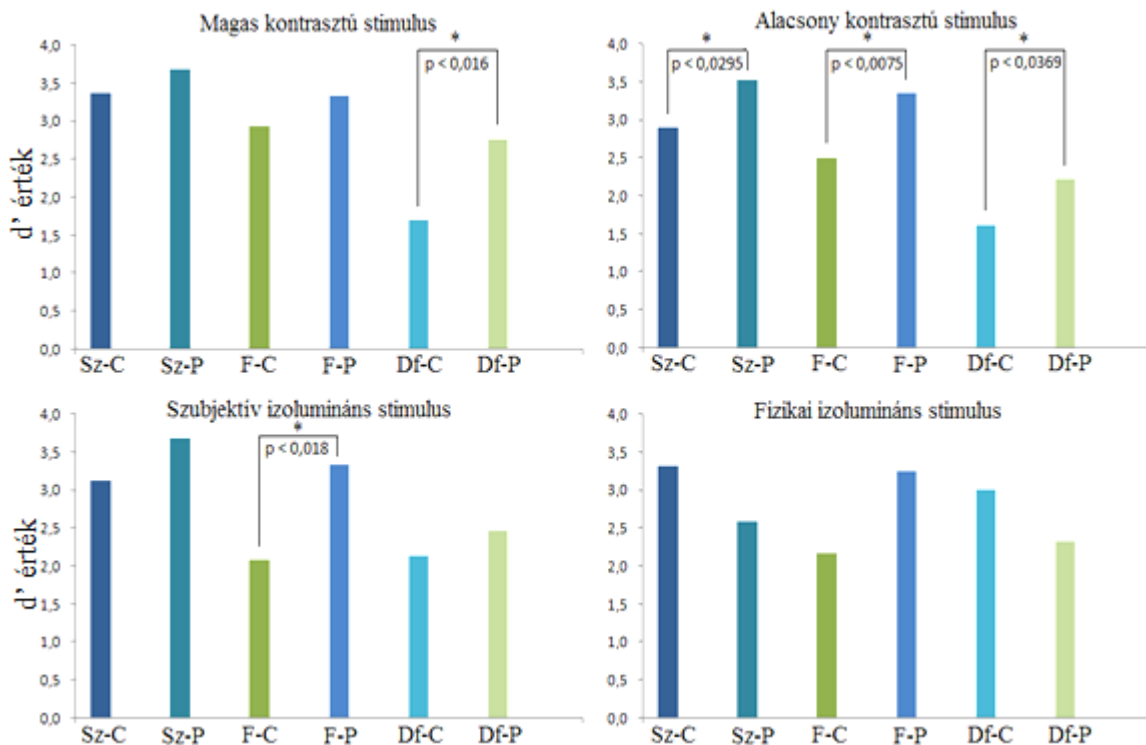
3. táblázat: A táblázat a vizuális stimulusra való érzékenység fúzióval és double flash illúzióval való páros t-próbás összehasonlításának eredményeit tartalmazza. A szignifikáns eredmények *-al jelölve.

Továbbá páros t-próbával összehasonlítottuk a centrális és perifériás kondíciókat, az eredményeket a 6. ábra szemlélteti.

Magas kontrasztú stimulus esetén a centrálisan szignifikánsan alacsonyabb volt double flash illúzióra az érzékenység ($p < 0,016$), mint perifériás kondícióban. Alacsony kontrasztú stimulusnál a szenzitivitás ($p < 0,0295$), a fúzió ($p < 0,0075$) és a double flash ($p < 0,0369$) illúzióra mutatott érzékenységet is alacsonyabbnak találtuk centrálisan. Szubjektív izolumináns stimulusunknál a fúzióban találtunk szignifikáns különbséget ($p < 0,018$).



5. ábra. Az ábrán a különböző pályaspecifikus ingerek centrális és perifériás szenzitivitás értékeit láthatjuk a vizuális stimulusra a fúzió és a double flash kondícióban. A páros t-próbával szignifikánsnak mutató különbségeket *-gal jelöltük.



6.ábra. Az ábrán látható stimulus fajtánként a centrális és a perifériás kondícióban mérhető szenzitivitás értékek összehasonlítása, illetve a szignifikáns különbségek jelölése.

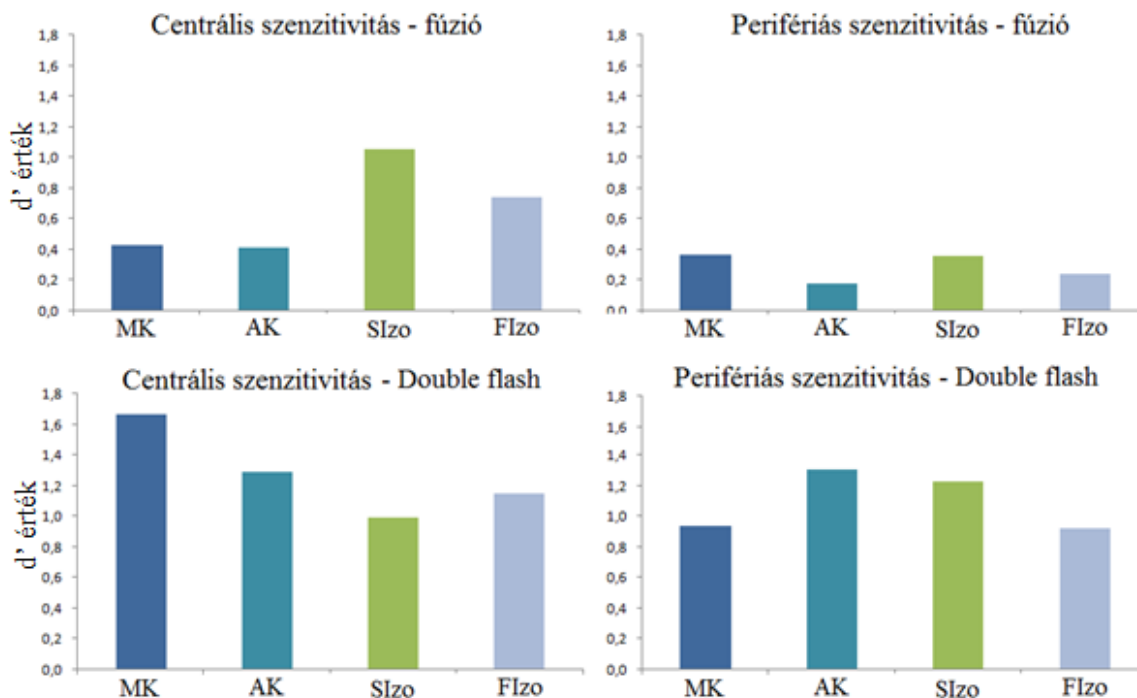
Majd a vizuális stimulusra mutatott érzékenységből kivontuk az egyes pályaspecifikus fúzióra és double flash kondíciókban kapott detekciós érzékenységet. Ezen értékeket a 4. táblázat tartalmazza, illetve az így kapott különbségeket a 7. ábrán tüntettük fel.

centrális fúzió	MK	0,430000	perifériás fúzió	MK	0,362950
	AK	0,409410		AK	0,174120
	Sizo	1,057060		Slzo	0,360590
	Fizo	0,737650		Flzo	0,241180
centrális double flash	MK	1,667650	perifériás double flash	MK	0,937650
	AK	1,287670		AK	1,304120
	Sizo	0,964700		Slzo	1,228830
	Fizo	1,149410		Flzo	0,923530

4. táblázat. A táblázat a vizuális stimulusra mutatott érzékenység és az illúziós kondíciókban tapasztalt detekciós érzékenységek különbségeit mutatja.

Az így kapott értékekből könnyen megállapítható, hogy a centrális kondícióban az illúziók jelenléte jóval erősebb, ami ellentétben áll az irodalmi adatokkal. Centrálisan mind a 4 kondícióban jelen lévő double flash illúziót alaposabban megvizsgálva azt láthatjuk, hogy a P-pályát meghajtó szubjektív izolumináns kondícióban a legalacsonyabb az illúzió.

Legnagyobb mértékű az illúzió a magas kontrasztú kondícióban, ami legerősebben hajtja meg a detekcióban domináns M-pályát. Ám a két kondíció között nincs is szignifikáns különbség ($p < 0.1219$).



7. ábra. A kép a vizuális stimulusra mutatott érzékenység és az illúзорikus kondíciókban tapasztalt detekciós érzékenységek különbségeit mutatja.

Kiegészítő kísérlet

Korábban leírták, hogy a perifériás kondícióban a double flash illúzióra mutatott érzékenység jóval alacsonyabb (Shams et al 2001), mint centrális esetben, ám mi ennek pont az ellenkezőjét tapasztaltuk. Ez eredeztethető az általunk használt nagy méretű perifériás stimulus által szolgáltatott plusz információból. Ezért végeztünk egy kiegészítő kísérletet, melybe 8 kísérleti alanyt vontunk be. Átlag életkoruk 21,5 volt. Az előző kísérletben alkalmazott kondíciókkal (F1B0, F1B1, F1B2, F2B0, F2B1, F2B2), szürke háttérű magas kontrasztú stimulust alkalmaztunk. Az nagy perifériás stimulusunk az előző kísérletben használttal megegyező 8,5°-10°-ig terjedő fehér kör volt, míg a kicsi stimulus a periférián a fixációs pont alatt szintén 8,5°-10°ig elhelyezkedő előző kísérletben centrális stimulus mérettel megegyező stimulus (8. ábra).



8. ábra. A képen a kiegészítő kísérletünkben felhasznált perifériás stimulusok láthatóak.

Adataink kiértékeléséhez itt is a szignál detekciós teóriát használtuk fel. Az így kapott szenzitivitás értékeket a 5. táblázat tartalmazza. Majd a kis és nagy stimulusokra kapott szenzitivitás értékeket páros t-próba használatával vetettük össze.

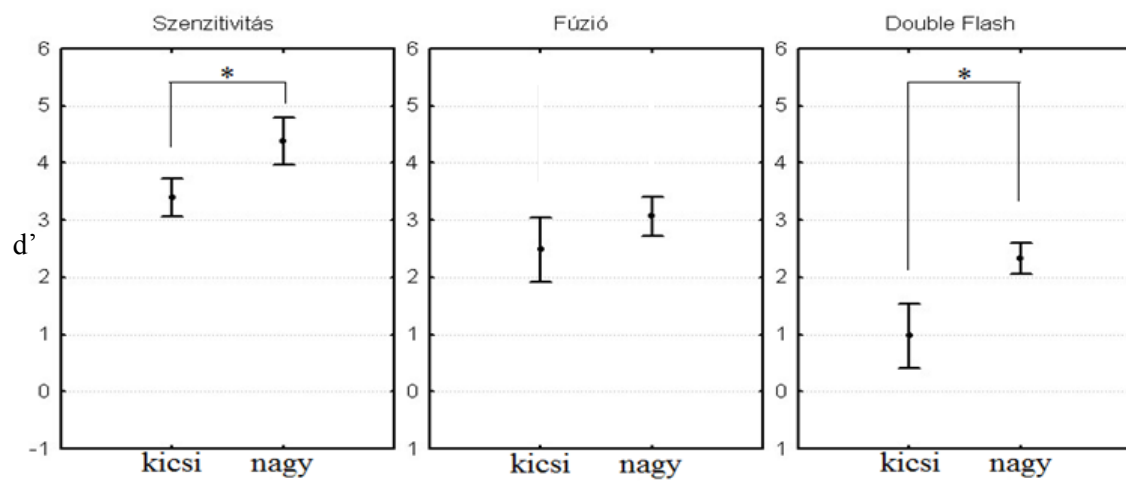
Kondíciók		Átlag	Standard error	Szórás
Szenzitivitás	kicsi	3,396250	0,673640	0,952660
	nagy	4,387500	0,829820	1,173540
Fúzió	kicsi	2,480000	1,124890	1,590831
	nagy	3,065000	0,679410	0,960830
Double flash	kicsi	0,972500	1,140161	1,612432
	nagy	2,333750	0,529070	0,748220

5. táblázat. A táblázat a vizuális stimulusra, a fúzióra és a double flash illúzióra mutatott szenzitivitás értékeket és ezekhez tartozó szórást tartalmazza a vizuális inger nagyságok szerint.

Eredmények

A kicsi stimulusra mutatott érzékenység minden kondícióban kisebb volt.

A vizuális stimulusra mutatott érzékenységben szignifikáns különbség mutatkozott a kicsi és nagy stimulus között $p < 0.0232$, a double flash illúzióra való érzékenység szintén szignifikáns különbséget mutatott $p < 0.0371$ a vizuális stimulusok függvényében. A fúzióra való érzékenységben nem okozott szignifikáns különbséget az eltérő stimulusok használata $p < 0.2662$.



9. ábra. A képen az egyes kondíciókra való érzékenységet láthatjuk a stimulus méretek függvényében, illetve az ábrán a szignifikáns különbségeket jelöltük meg.

Összegzés

Kísérletünkben a látórendszer két párhuzamos feldolgozó pályáját szelektíven ingerlő stimulusokkal vizsgáltuk a double flash illúziót, melynek audiovizuális formáját 2000-ben Shams és munkatársai írták le. Illetve az ezen kísérlet ellentétékén is ismertté vált flash fúzió illúzióját, mely 2001-ben került leírásra (Shams et al. 2001). Azóta számos multiszenzoros integrációt vizsgáló tanulmány foglalkozott ezzel a kísérleti elrendezéssel (Shams et al 2002, 2005, 2006, Mishara et al. 2007, 2009). A double flash illúziót újra és újra leírták, ám jellemző hogy az alanyok illuzórikus kondícióban nyújtott teljesítménye igen nagy variabilitást mutat. Nagy variabilitás jellemzi a fúzió illúziójára mutatott teljesítményt is, ám fúzió jelenségét jóval kevesebben és csak bizonyos, mondhatjuk nehezített detekciós körülményekkel, stimulus paraméterekkel, illetve az alanyok, illúzióra való érzékenységük alapján, csoportokba sorolása mellett sikerült kimutatni (Mishra et al. 2007, Rosenthal et al. 2009).

Meg kell jegyezni az említett korábbi kísérletek perifériás, magas kontrasztú stimulusokkal történtek. Centrális stimulusokkal történő kísérletekről ugyan említést tesznek, de eredményeket nem közölnek ezekkel kapcsolatban. A detekciós teljesítményt csökkenti a stimulusok kis mérete illetve excentrikusabb bemutatása (Jhonson 1977, Shams et al 2001) így a hang dominanciája emelkedhet, amely alapvetően meghatározza az illúziók jelentkezését. Ezért a metodikában a csak kép kondíciókból számolt érzékenységhöz hasonlítjuk az illúziós kondíciókból számoltakat, ahogyan ezt korábban is tették (Wattkins et al. 2006). Az alanyok vizuális és auditorikus modalitásokban meglévő dominanciája ezért meghatározza a feladatban nyújtott teljesítményét is.

A nagysejtes pálya időbeli felbontása jobb, mint a kis sejtesé. Így detekciós képessége is jobb. Hétköznapi körülmények között erre a rendszerre támaszkodunk alapvetően.

Az első kísérlet tervezésekor törekedtünk olyan stimulusokat kialakítani, melyek a pályákat szelektív ingerlik. A nehézségeket nagyrészt elkerülve 4 kondíciót alakítottunk ki, s ezeket centrálisan és perifériásan mutattuk be.

A perifériás kondíciók mindegyikében találtunk hang által kiváltott felvillanás illúzióját. Ez megfelel a korábban leírtakkal. Az általunk használt jól detektálható stimulus ellenére ez az illúzió jól megfigyelhető, szignifikáns. A fúzió illúziója viszont ilyen paraméterek mellett nem volt szignifikáns (3. táblázat).

Centrálisan sikerült olyan érzékeny kísérleti elrendezést beállítani, ahol double flash és fúzió illúzióját is megfigyelhettük.

A centrális ingerlés elsősorban a kisgyes pályá meghajtásának kedvez. Minden törekvésünk ellenére a tökéletes szelektív ingerlés nem lehetséges. Mégis ebben a pozícióban a szubjektív izoluminanciás stimulus tűnik a leginkább alkalmasnak a P- pályá meghajtásához, mivel az itt lévő csapokat egyenletes intenzitással ingerli. Ezután következik a fizikai izolumináns, ahol nincs luminancia különbség ugyan, de a különböző érzékenységyű csapokat más-más intenzitással ingerli. Az alacsony kontrasztú stimulus a nagygyes rendszert célozza meghajtani, míg a magas kontraszt a P és M pályát is ingerli, mivel azonban a detekcióban az M pályát tartják dominánsnak, az alacsonykontrasztú stimulussal kapott hasonló eredmények nem meglepőek.

Double flash illúziót mind a 4 kondícióban találtunk, míg a fúzió illúzióját csak a P-pályát stimuláló szubjektív és fizikai izolumináns kondíciókban. (3. táblázat).

Önmagában ez az eredmény azt mutatja, hogy a P-pályát szelektíven ingerelve, a pályára jellemző rosszabb időbeli felbontás érvényesül az illúzióban, és mint fúzió jelenik meg. Míg az M-pályát jobban ingerlő kondíciókban nem tapasztaltunk fúziót, ami a dorzális rendszer jobb időbeli felbontásából eredeztethető.

A mind 4 kondícióban jelen lévő double flash illúziót alaposabban megvizsgálva azt láthatjuk, hogy a P-pályát meghajtani leginkább alkalmas szubjektív izolumináns kondícióban a legalacsonyabb az illúzió. Legnagyobb mértékű az illúzió a magas kontrasztú kondícióban, ami legerősebben hajtja meg a detekcióban domináns M-pályát. Mégha a két kondíció között nincs is szignifikáns különbség ($p < 0.1219$), a fúzió illúzióban tapasztaltakkal együtt legalábbis jelentős az egybeesés.

Az irodalomban leírtakkal ellentétben azt tapasztaltuk, hogy a hangdominanciája és így az illúzió is nagyobb mértékű centrálisán (6. ábra). Feltételeztük, hogy ez az általunk perifériásán használt nagyméretű, jól detektálható stimulus miatt lehetséges.

Egy kiegészítő kísérletben magas kontrasztú stimulust használva teszteltük elképzelésünket. Perifériásán egy korábban használt nagy és egy centrális stimulussal megegyező méretű kis stimulussal is megismételtük új alanyokkal a kísérletet. Az irodalomban korábban leírt alacsonyabb érzékenységet tapasztaltuk a kis vizuális stimulus bemutatásakor. Ezekkel a kiegészítő kísérletben tapasztaltakkal, jobban értelmezhető az első kísérlet eredménye.

Eredményeink alapján úgy gondoljuk az illúziók, kialakításában az M és P-pályá is szerepet játszik, adottságaiknak megfelelően, a rosszabb időbeli felbontással működő P-pályá a fúzió illúziójának kialakulását, míg az M pályá a double flash illúzió létrejöttét segíti elő.

Kísérletben való közreműködésem

A dolgozatban bemutatott kísérletben részt vállaltam az irodalmi adatok gyűjtésében, a kísérlet előkészítésében, a felhasznált stimulusok megalkotásában, a kísérleti alanyok tájékoztatásában, a pszichofizikai mérések lebonyolításába, az adatok statisztikai elemzésében és az eredmények kiértékelésében.

Nyilatkozat

Alulírott, Bognár Anna Biológus MSc szakos hallgató, kijelentem, hogy a tudományos diákköri konferenciára készült dolgozatomban foglaltak saját munkám eredményei, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök, stb.) használtam fel.

aláírás

Szeged, 2012.04.11.

Hivatkozások

Bhattacharya, J. et al. (2002): Sound-induced illusory flash perception: role of gamma band responses. *Neuroreport* 13, 1727–1730.

Buchel, C., Price, C., & Friston, K. (1998): A multimodal language region in the ventral visual pathway. *Nature* 394, 274–277.

Budinger, E., Heil, P., Hess, A., Scheich, H., 2006. Multisensory processing via early cortical stages: connections of the primary auditory cortical field with other sensory systems. *Neuroscience* 143, 1065–1083.

Christine A. Curcio, Kenneth R. Sloan, Robert E. Kalina, and Anita E. Hendrickson (1990): Human Photoreceptor Topography. *The Journal of Comparative Neurology* 292:497–523.

D.C. Kadunce, J.W. Vaughan, M.T. Wallace, G. Benedek, B.E. Stein (1997): Mechanisms of within- and cross-modality suppression in the superior colliculus, *J. Neurophysiol.* 78, 2834–2847.

Eva M. Finney, Ione Fine and Karen R. Dobkins (2001): Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nature publishing group*.

Foxe, J. J., Morocz, I. A., Murray, M. M., Higgins, B. A., Javitt, D. C., & Schroeder, C. E. (2000): Multisensory auditory–somatosensory interactions in early cortical processing revealed by high-density electrical mapping. *Cognitive Brain Research*, 10(1–2), 77–83

Chris A. Johnson, John L. Keltner and Frank Balestrer (1977): Effects of target size and eccentricity on visual detection and resolution. *Vision Res.* vol.18, pp 1217–1222.

Jyoti Mishra, Antígona Martínez, Terrence J. Sejnowski¹, and Steven A. Hillyard (2007): Early Cross-Modal Interactions in Auditory and Visual Cortex Underlie a Sound-Induced Visual Illusion. *J Neurosci.* 27(15): 4120–4131.

Kaplan E, Shapley R.(1986): The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity. *Proc Natl Acad Sci U S A.*;83:2755–2757.

Kayser, C. and Logothetis, N.K. (2007): Do early sensory cortices integrate crossmodal information? *Brain Struct. Funct.* 212,121–132.

Kestutis Kveraga, Jasmine Boshyan, and Moshe Bar (2007): Magnocellular Projections as the Trigger of Top-Down Facilitation in Recognition. *The Journal of Neuroscience* 27(48):13232–13240.

Lennie P. Parallel visual pathways(1980): A review. *Vision Res.* 40:561–59.

M.A. Meredith (2002): On the neuronal basis for multisensory convergence: a brief overview. *Cognitive Brain Research* 14, 31–40.

M.A. Meredith, B.E. Stein (1986): Visual, auditory, and somatosensory convergence on cells in the superior colliculus results in multisensory integration, *J. Neurophysiol.* 56. 640–662.

Martuzzi, R., Murray, M.M., Michel, C.M., Thiran, J.P., Maeder, P.P., Clarke, S., Meuli, R.A., 2007. Multisensory interactions within human primary cortices revealed by BOLD dynamics. *Cereb. Cortex* 17, 1672–1679.

M.F. Huerta, J.K. Harting (1984): The mammalian superior colliculus: studies of its morphology and connections, in: H. Vanegas (Ed.), *Comparative Neurology of the Optic Tectum*, Plenum, New York, pp. 687–773.

McGurk, H., & MacDonald, J. (1976): Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264(5588), 746–748.

Mishra, J., Martínez, A., Sejnowski, T. J., & Hillyard, S. A. (2007). Early cross-modal interactions in auditory and visual cortex underlie a sound-induced visual illusion. *Journal of Neuroscience*, 27, 4120–4131

Jyoti Mishra, Antigona Martínez, and Steven A. Hillyard(2009): Effect of Attention on Early Cortical Processes Associated with the Sound-induced Extra Flash Illusion *Journal of Cognitive Neuroscience* X:Y, pp. 1–16.

Orna Rosenthal, Shinsuke Shimojo, Ladan Shams (2009): Sound-Induced Flash Illusion is Resistant to Feedback Training *Brain Topogr* 21:185–192.

Shams, L., Kamitani, Y., Shimojo, S., (2000): Illusions. What you see is what you hear. *Nature* 408, 788.

Shams, L., Kamitani, Y., Thompson, S., Shimojo, S., (2001): Sound alters visual evoked potentials in humans. *NeuroReport* 12, 3849–3852.

Shams, L., Kamitani, Y., Shimojo, S., (2002): Visual illusion induced by sound. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 14, 147–152.

Shams, L., Iwaki, S., Chawla, A., & Bhattacharya, J. (2005): Early modulation of visual cortex by sound: An MEG study. *Neuroscience Letters*, 378, 76–81.

Sclar G, Maunsell JH, Lennie P. Coding of image contrast in central visual pathways of the macaque monkey. *Vision Res.* 1990;30:1–10.

Shozo Tobimatsu, Hiroyuki Tomoda and Motohiro Kato (1996): Human VEPs to Isoluminant Chromatic and Achromatic Sinusoidal Gratings: Separation of Parvocellular Components. *Brain Topography*, Volume 8, Number 3.

Yuval-Greenberg, S. and Deouell, L.Y. (2007): What you see is not (always) what you hear: induced gamma band responses reflect crossmodal interactions in familiar object recognition. *J. Neurosci.* 27, 1090– 1096.

Watkins, S., Shams, L., Tanaka, S., Haynes, J.D., Rees, G., (2006): Sound alters activity in human V1 in association with illusory visual perception. *NeuroImage* 31, 1247–1256.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani Kaposvári Péternek, aki a kísérlet alatt hasznos szakmai tanácsaival segítette munkámat, Sály Gyulának, hogy biztosította a labort kísérletem lefolytatásához. Dr Toldi Józsefnek, aki belső konzulensként járult hozzá munkámhoz. Továbbá Csibri Péternek és Utassy Györgyinek, hogy kérdéseimmel bármikor fordulhattam hozzájuk.