

XXXII. OTDK

A fisszió illúzió EEG-vel történő vizsgálata két időablak segítségével

Készítette: Simon Júlia (SIJSAAB.SZE)

Témavezető: Dr. Csifcsák Gábor

Szeged, 2015.01.05.

Tartalomjegyzék

Összefoglaló.....	3
Abstract.....	4
Bevezetés.....	5
1. Multiszenzoros ingerfeldolgozás.....	5
1.1. Neurobiológiai alapok.....	5
1.2. Multiszenzoros jelenségek.....	8
2. A fisszió (double-flash) illúzió.....	9
2.1. Viselkedéses eredmények.....	10
2.2. Funkcionális mágneses rezonancián alapuló képalkotás (fMRI).....	11
2.3. Transzkraniális direkt áram stimulálás (tDCS).....	12
2.4. Transzkraniális mágneses stimuláció (TMS).....	12
2.5. Elektroenkefalográfiás (EEG) mérések.....	12
Hipotéziseink.....	14
Módszerek.....	16
1. Résztvevők	16
2. Vizsgálati eljárás és az ingerek paraméterei	16
3. Elektrofiziológiai (EEG) regisztráció.....	18
Eredmények	19
1. Viselkedéses eredmények	19
2. Az EEG adatok feldolgozása.....	20
Megvitatás.....	26
Köszönetnyilvánítás.....	29
Felhasznált irodalom	29
Mellékletek.....	34

Összefoglaló

A físszió illúzió lényege, hogy egyetlen vizuális inger két, időben megfelelően közel érkező hang jelenlétében kétszeres felvillanás észleletét keltheti. Az illúzióra való hajlandóság differenciál személyek között, azonban a háttérben lévő okok felderítéséhez elsősorban egy megbízható kísérleti protokollra van szükség. A mögöttes magyarázatok feltárása már csak azért is indokolt, mert eltérések tapasztalhatók a viselkedéses válaszokban a különböző csoportok között (idősek, skizofrének, szinesztéziások szemben a kontrollokkal). A viselkedéses válaszok nem feltétlen csak a percepcióban való különbséget tükrözik illetve nem mindig elérhetőek (például babák, egyes betegek esetében), ezért tűnik hasznosnak az EEG-vel regisztrált korai elektromos válaszokra, eseményhez kötött potenciálokra (EKP) való alapozás. Eddig azonban kevés tanulmány született és eredményeikben nem teljesen konzisztensek, amelyet könnyen magyarázhat a valamennyire eltérő módszertan. A probléma körüljárásához egy rövid (67 ms a két hang között) és egy hosszú (133 ms a két hang között) illuzórikus feltételt alkalmaztunk. A hosszú időablakos feltétel kialakításánál egy általunk bevezetett inger sorrendet használtunk, amelyről feltételeztük, hogy optimálisabb EEG vizsgálatokhoz. Bár a rövid időintervallum esetén jelentősebb illúzióhatást észleltünk, a hosszú intervallum is erőteljes illúziót eredményezett. Fő eredményünk, hogy korrelációkat találtunk a korai 120-140 ms-ig tartó intervallumban. Az átlag amplitúdók és a viselkedéses válaszok közti együttjárások azonban elsősorban a hosszú feltételben érhetőek tetten. Mivel ebben a kondícióban kapott viselkedéses válaszok esetén nagyobb a variabilitás valamint kevésbé fednek át az egyes ingerek elsődleges elektrofiziológiai hatásai (hamarabb érkezik az első hang), így kisebb elemszám mellett azonosíthatóak összefüggések az EKP paraméterekkel, aminek következtében ez a kondíció tűnik előnyösnek a további vizsgálódáshoz. Fontos azonban, hogy az első hang érkezési idejétől függetlenül a vizsgált idői intervallumban hasonló interakciós hatás figyelhető meg a kétféle feltételben. Továbbá azt találtuk, hogy egy 7 dB-es hangerő különbség nem gyakorol markáns befolyást az eredményekre, ami erősíti a físszió illúzió felhasználásának megbízhatóságát, mint integrációt vizsgáló eljárás.

Kulcsszavak: multiszenzoros integráció, físszió illúzió, EEG, időablak

Plágium nyilatkozat: A plágium szabályokat ismerem, és dolgozatomban azokat betartottam.

Simon Júlia, 2015. 01. 05.

Abstract

Electrophysiological examination of the double-flash illusion with the help of two time-windows

A double-flash illusion occurs when a single flash of light is accompanied by two brief auditory stimuli - properly close in time. In this case the subjects frequently report perceiving two flashes. The measured susceptibility of this illusion can differentiate between people, but for the examination of the sources of these differences, a reliable experimental protocol is needed. Early electrical responses measured with electroencephalography (EEG) are less influenced by decisional strategies and therefore, they can be assessed for investigating the underlying neural mechanisms of this illusion. In our study we measured the EEG correlates of the illusion with two types of illusorical conditions that differ in the inter-sounds interval: a 67 ms (short condition, SC) and a 133 ms (long condition, LC). Based on the results of 18 participants we found correlations between the behavioral data and the difference waves' amplitudes in the early 120-140 ms interval, more consistently in the case of the LC. This condition's other advantage over SC is, that there are more variability in the behavioral responses. Furthermore, we used two different sound intensities to demonstrate that in healthy individuals a slight difference in perceived loudness does not robustly influence the behavioral or EEG measures, so it can not be accounted for the individual variability of responses. This fact strengthens the reliability of our paradigm as a promising new tool for examining multisensory interactions.

Key Words: multisensory integration, flash illusion, EEG, time-window

Bevezetés

1. Multiszenzoros ingerfeldolgozás

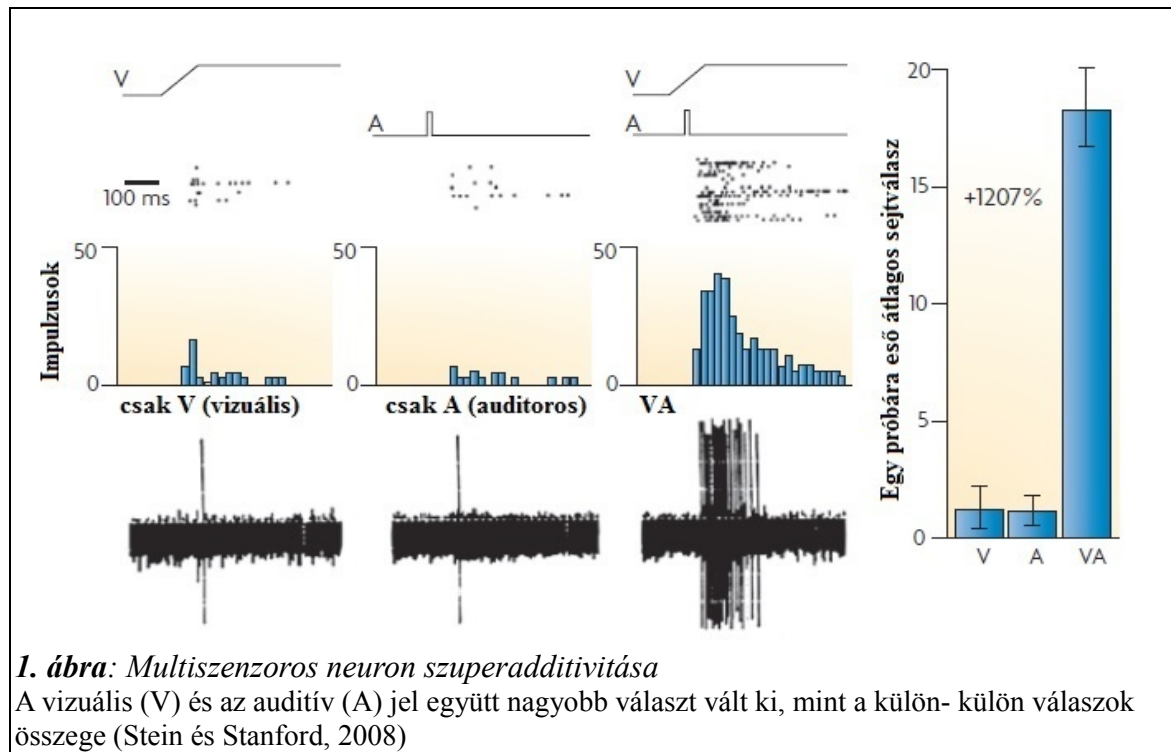
Az észlelés kutatói kezdetben (a módszertani nehézségekre való tekintettel érthető módon) külön-külön foglalkoztak a szenzoros modalitásokkal és így volt aki hallásra, más inkább látásra vagy épp szaglásra szakosodott. Azonban, ha evett már valaki kedvenc süteményeiből egy komolyabb felső légúti gyulladás kíséretében és mondjuk félhomályban, az sejtheti, hogy az ízlelés valahol több, mint nyelvünk és szájüregünk néhány specializált receptorának aktiválása. Shams 2010-es munkájának bevezetőjében a tenisz mérkőzést hozza fel példának. Ha kikapcsoljuk a hangot az események nehezebben követhetővé válnak és nem pusztán a szakértői kommentár hiányának következtében, hanem a labda ütőre vagy talajra való hatásának ideje is nehezebben lesz észlelhető. Hasonló a helyzet, ha fűldugó használata mellett teniszezünk, ilyenkor teljesítményünk leromlik. Mindez visszavezethető arra, hogy idegrendszerünk egy olyan környezetben evolválódott, amely alapvetően több forrásból szolgáltatott információt és az egy-egy csatorna bizonytalanságait (gondoljunk bele, hogy elektromágneses hullámok, nyomásváltozások és molekulák regisztrálásáról van szó) a másik valamelyest kompenzálni volt képes. Feltételezhető tehát, hogy agyunk úgy evolválódott, hogy minél hatékonyabban legyen képes integrálni a különböző bemeneteket.

1.1. Neurobiológiai alapok

Multiszenzorosnak tekinthető az a neuron, amelyik több érzékszervtől kap afferentációt (Driver és Noesselt, 2008). Némileg bonyolítja a képet, hogy multiszenzorosnak tekinthető-e az az idegsejt, amelyik az egy modalitást preferálja, de működését megfelelő kontextusban modulálhatják más forrásból kapott bemenetek. Ennél talán még bonyolultabb a multiszenzoros terület meghatározása, ugyanis az ember esetében alkalmazott nem invazív technikák közül még a jó téri felbontással rendelkező képalkotó eljárások sem teszik lehetővé, hogy különbséget tegyünk a multiszenzoros neuronokat tartalmazó illetve egymással elvegyülő különböző típusú uniszenzoros neuroncsoportok között. A kéregben több területet is ismerünk ahova különböző modalitásokból érkeznek projekciók. Ezeket heteromodális területeknek nevezzük (Chavis és Pandya, 1976). Ezeken a területeken általában olyan neuronokat is találtak, melyek képesek több modalitásból érkező ingerre is válaszolni – ezeket nevezzük multimodális területeknek (Benevento és mtsai., 1977).

Azonban az már bizonyosnak tűnik, hogy a klasszikus moduláris elképzelés, hogy a

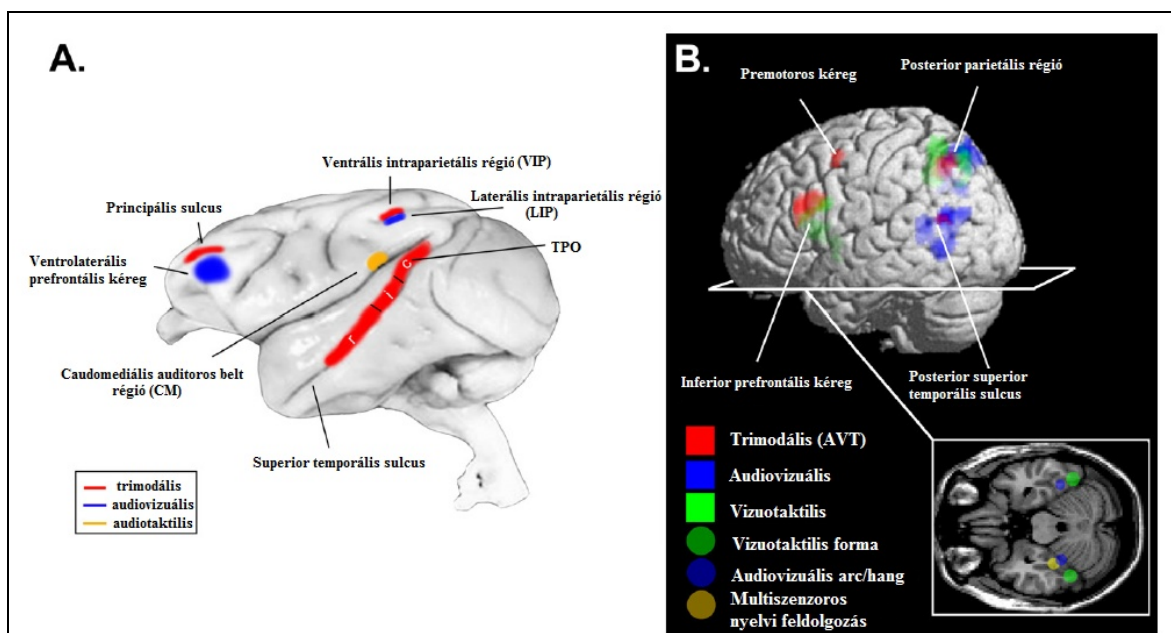
különböző modalitások információi csak egy későbbi szakaszban kapcsolódnak össze - nem tartható (Driver és Noesselt, 2008). Kiderült ugyanis, hogy még az elsődleges érző területek működését is képes modulálni a más érzékszervből származó információ (Lakatos és mtsai., 2007). Ez a hatás Driver és Noesselt összegzése szerint három lehetséges úton közvetíthető: direkt kapcsolattal az elsődleges érző területek között (gyors feed-forward integráció), thalamikus befolyással vagy asszociációs területekről származó visszahatással (feed-back projekcióval).



A sejtszintű multiszenzoros integráció kedvelt vizsgálódási helye a colliculus superior (CS). Főként macskából történő elvezetések alapján azt állapították meg, hogy egyes neuronok képesek superadditivásra, ami azt jelenti, hogy a két modalitásból származó bemenet intenzívebb választ vált ki, mint a külön-külön ingerlés összege. Leírtak ezen felül szubadditivitást is, ami azt fedi, hogy az összegzett válasz kisebb, mint az uniszenzoros stimulálásra adott reakciók összege (Stein és Stanford, 2008). Eleinte ezen jelenségeket az integráció védjegyeinek tekintették, de a további vizsgálódások során kiderült, hogy az idegsejtek többsége additív választ mutat (lásd az 1. ábrát) illetve az is felmerült, hogy a esetenként plafonhatás miatt is jelentkezhethet szubadditivitás. Ebben az esetben is nagyobb a válasz, mint a csak egy forrásból származó ingerre, viszont a sejtnek lehet egy maximális tüzelési kapacitása, amit nem haladhat meg (Driver és Noesselt, 2008).

A középgagy szintjén történő integráció azonban elsősorban az orientációs viselkedésben játszik fő szerepet, a komplexebb folyamatok, például egyes illúziók magyarázatára valószínűleg kevésbé alkalmas (Driver és Noesselt, 2008). Ezt támasztja alá például a multiszenzoros hatások kérgi működéstől való függése (Jiang és mtsai., 2001). Ha lézionálták a sulcus ectosylvius és sulcus suprasylvius rostralis lateralist, akkor ezek a hatások eltűntek, továbbá ezek eltávolítása a fejlődés korai szakaszában megakadályozta a colliculus superior multiszenzoros tulajdonságainak megjelenését (Jiang és mtsai., 2007; Wallace és mtsai., 2006).

A figyelem így egyre inkább a kérgi területek felé irányult (a 2. ábrán láthatóak a fontosnak tartott területek). Kiderült, hogy nem csak a polimodális területek, hanem a specifikus érző területek is érintettek lehetnek. Nagy felbontású majom fMRI segítségével például sikerült igazolni, hogy vizuális kostimuláció hatással lehet az elsődleges hallókéregre (Kayser és Logothetis, 2007). Invazív regisztrálások pedig arra utalnak, hogy a taktilis stimuláció modulálja az elsődleges választ a primer auditoros kéregben (A1) a felső kérgi rétegek fázisfüggő modulálásán keresztül (Lakatos és mtsai., 2007). Majmokban pályajelöléses



2. ábra: Kérgi multiszenzoros területek anatómiája

(A) Nem humán főemlősök néhány multiszenzoros kérgi területének sematikus áttekintése anatómiai, elektrofiziológiai és funkcionális képalkotó eljárások alapján

(B) BOLD fMRI vizsgálatok alapján humán multiszenzoros területek. Piros: trimodális, kék: audiovizuális, zöld: audiotaktilis, sötét zöld audiotaktilis formák esetén, sötét kék: audiovizuális arcok esetén, barna: multiszenzoros nyelvi feldolgozás (Driver és Noesselt, 2008)

Neuron 2008 57, 11-23 DOI:(10.1016/j.neuron.2007.12.013) Copyright © 2008 Elsevier Inc

vizsgálatokkal sikerült azonosítani direkt projekciót az auditoros kéregből az elsődleges látókéregbe illetve feltehetőleg feed-back jellegű projekciót a látókéreg széli területeiről a hallókéregbe (Falchier és mtsai., 2010).

A multiszenzoros jelenségek magyarázatában mégis fő szerepet a poliszenzoros kérgi területek játszhatnak. Ezek közül legfontosabbak: a *sulcus temporalis superior* (STS), a *sulcus intraparietalis* és a *frontalis kéreg*. Az STS tartalmaz neuronokat, amelyek látási, hallási és testérző jelekre reagálnak (Desimone és Gross, 1979). Kapcsolatokat tart a posterior parietalis régióval, vizuális területekkel, halló- és prefrontalis kéreggel, ami alapján közvetítő és szintetizáló szerepet feltételeznek neki (Cappe és mtsai., 2012).

A premotoros kéreg előtti prefrontalis kéreg szerepet játszik az idői integrációban és a magasabbrendű kognitív funkciókban, és a különböző modalitásokból származó projekciók miatt fő szerepet tulajdonítanak számára a modalitások közti asszociációk kialakításában. (összegzi Cappe és mtsai., 2012)

A multiszenzoros integráció magyarázatában újabban egyre nagyobb figyelmet kap a thalamus. Kiderült ugyanis, hogy egyes magvai (például centrális laterális mag, mediodorzális mag illetve főként a pulvinar) több kérgi területre küldenek párhuzamosan információt (auditoros kéreg, posterior parietalis kéreg, premotoros terület, a pulvinar az elsődleges vizuális és szomatoszenzoros kéreghez is) (Cappe és mtsai., 2009). Ugyanakkor több kérgi területről érkezik a thalamushoz nagyméretű axonterminálisok által közvetített feed-forward projekció, ami lehetővé teszi egy gyors cortico-thalamo-corticális kör működését (Rouiller és Welker, 2001), így jelentős szerepet kaphat az integrációban.

1.2. Multiszenzoros jelenségek

Nem tűnik különösebben intuícióellenesnek, hogy a különböző modalitásokból származó információk konvergálása csökkentheti a reakcióidőt vagy növelheti a detektálás pontosságát (Frassinetti és mtsai., 2002; Lovelace és mtsai., 2003; McDonald és mtsai., 2000). Azonban kiderült, hogy a modalitásspecifikus működést is befolyásolja a másik érzékszervtől jövő bemenet, így például a színről nem ad tájékoztatást a tapintási inger mégis azt találták, hogy javíthatja az ezzel kapcsolatos ítéletet (Spence és mtsai., 2004 idéz Driver és Noesselt, 2008). Olyannyira alapvető működésünk az integráció, hogy sokszor akkor is alkalmazzuk, amikor a valóság észlelését nem segíti vagy rontja. Erre szolgáltatnak jó példát a különböző illúziók. Legtöbbet az audiovizuális hatásokat vizsgálták és ezen a területen belül két fő jelenségről érdemes említést tenni: a téri és az idői hasbeszélő effektusról. Az elsőnek azon

alapszik, hogy a hangforrás lokalizációját befolyásolja a téri-vizuális információ. Legtipikusabb példa, hogy televíziózáskor úgy észleljük, hogy a beszédhangok forrásául a szereplők szája szolgál, nem pedig a latérális vagy alapi elhelyezkedésű hangszóró. A jelenség a nevét azon előadóművészekről kapta, akik saját arcuk relatív mozdulatlanságával és például egy bábú szájának mozgatásával azt a hatást keltették, hogy a rongyfigura az, aki beszél. Az idői hasbeszélő effektus esetében viszont az auditoros információ fogja befolyásolni a téri-vizuális feldolgozását, például annak időbeli frekvenciáját, megjelenési helyét vagy idejét (Chen és Vroomen, 2013). Például a "hallási irányítás" (*auditory driving*) jelenségét Gebhard és Mowbray már 1959-ben leírták, amikor 5 és 40 Hz közötti frekvenciájú felvillanásokat és hangokat mutattak be a résztvevőknek és azt találták, hogy az auditoros ingerlés frekvenciája befolyásolta a felvillanások észlelt frekvenciáját. Ennek a jelenségnek egy speciális változata a físszió (*double-flash*) illúzió, amelyet Shams és munkatársai vezettek be a szakirodalomba (2001).

2. A físszió (*double-flash*) illúzió

Mindennapjainkban gyakran előfordul, hogy egy történés kiértékelésekor többféle szenzoros modalitásból származó információra támaszkodunk, így az észlelés jobb megértéséhez indokoltnak tűnik az olyan feladatokkal történő vizsgálódás, melyekben egyszerre több releváns ingerforrás van jelen. Az összegzés sok esetben nem feltétlen csak additív jellegű, de lehetővé válik, hogy a különböző modalitású bemenetek modulálják a másik feldolgozását. Az interakciók vizsgálatához viszont szükségünk van lehetőleg egyszerű és megbízható kísérleti paradigmákra. A físszió illúzió jól megfelel az első kritériumnak, a második szempontjából viszont további megerősítés szükséges. A jelenség lényege, hogy egy rövid ideig felvillanó vizuális inger két ugyancsak rövid auditoros jelenlétében dupla felvillanás észleletét keltheti (kipróbálható a <http://www.cns.atr.jp/~kmtm/soundInducedIllusoryFlash2/> oldalon). A különböző laborok (Shams, Kamitani és Shimojo, 2001, 2002; Mishra, Martinez, Sejnowski és Hillyard, 2007) azonban eltérő erősségűnek találták az illúziót illetve eredményeik az elektrofiziológiai korrelátumokban sem voltak teljesen egységesek. A *flash* illúziók kutatása (físszió, fúzió, hármas felvillanás) azonban izgalmasnak ígérkezik figyelembe véve, hogy sikerült eltéréseket találni a különböző csoportok között. Az idők (McGovern, Roudaia, Stapleton, McGinnity és Newell, 2014) és a skizofréniában szenvedők (Norton és mtsai., 2008; Chen, Norton és Stromeyer, 2014) esetében azt találták, hogy a szélesebb időablakokban (vagyis amikor

megnyújtják a két hanginger közötti intervallumot) több illuzórikus észleletről számolnak be, mint a kontroll csoport, ezzel szemben a szinesztéziások, némileg meglepő módon, rövidebb időablakkal jellemezhetőek, ami a fissziót illeti (Neufeld, Sinke, Zelder, Emrich és Szycik, 2012). Egy friss tanulmány továbbá azt találta, hogy egészséges felnőtteknél tréning segítségével elérhető a szinesztéziás élmény megtapasztalása, sőt a kontrollhoz képest a tréningen részt vett személyek javulást mutattak a fluid IQ-t mérő teszten is (Bor, Rothen, Schwartzman, Clayton és Seth, 2014), amely eredmény, ha megkérdőjelezhető is, a fenti adatok fényében utalhat arra, hogy a multiszenzoros integráció vizsgálatával képet kaphatunk az általános feldolgozás minőségéről is, és ami ennél is fontosabb, hogy az azt befolyásoló faktorokat tanulmányozhatjuk a segítségével. Az illuzórikus válaszok mögött lévő szenzoros (kritériumszinttől független) tényezők szerepének körbejárását pedig segítheti a korai agyi elektromos válaszok vizsgálata.

Jelen tanulmány során két időablak (hangok közötti távolság 67 vagy 133 ms) esetében vizsgáltuk meg a viselkedéses és elektrofiziológiai paramétereket, melyek alapján azonosítani próbáltuk a további vizsgálódáshoz megfelelő indikátorokat.

Amikor egy felvillanó képet két rövid hang kísér a résztvevők jelentős százaléka az esetek jelentős részében hajlamos két felvillanásról beszámolni. Ez a modalitások közti interakció tehát nem csak mennyiségi, de minőségi változást is előidézik az észlelésben, főleg, ha kevésbé egyértelmű a vizuális stimulus (Shams és mtsai., 2002). Mivel gyakran nehezen eldönthető, hogy dupla felvillanást láttunk-e, jogosan merül fel a kérdés, hogy az illúzió hátterében a szenzoros rendszer megváltozott érzékenysége áll vagy pusztán a döntési kritérium változik (két hang jelenlétében inkább mondjuk rá, hogy kettő). A szenzoros alap meglétét igazolják azok a tanulmányok, amelyek a jelenség fiziológiai hátterét igyekeztek felderíteni a legkülönbözőbb technikák alkalmazásával (lásd 2.2.-től). A magasabb szintű feldolgozás szerepére elsősorban viselkedéses vizsgálatokból következtethetünk.

2.1. Viselkedéses eredmények

Az illúzió és ezáltal az audiovizuális integráció jobb megértését a speciális műszerek nélküli viselkedéses/pszichofizikai vizsgálatok is segíthetik. Három példát mutatnék be, melyek azt szemléltetik, hogy nem pusztán a fizikai felvillanás utóképet észleljük második felvillanásak és, hogy valamilyen szempontból a magasabb szintű feldolgozás is szerepet játszik ezen illúzió esetében.

Sikerült kimutatni, hogy komplex stimulusok (arcok, épületek) esetében is van illúzió

illetve, hogy az ismerősség befolyásolja az észleletet (ismerős képek esetében helyesebben észleljünk, kevesebb az illúzió) (Setti és Chan, 2011). Ez a vizsgálati eredmény az előzetes tapasztalat, és ennél fogva a top-down hatások szerepére hívja fel a figyelmet.

Színes vizuális stimulusokat alkalmazva azt találták, hogy a második felvillanás megegyezik az első színével és ha elég közel adott piros és zöld ingerrel dolgoztak, akkor egy vagy két narancssárga felvillanásról számoltak be. Szélesebb időablaknál pedig a hangok segítették a narancssárga észlelet szétválását pirosra és zöldre (Mishra és mtsai., 2013). Azaz, a hangok az illúziót felerősítve csökkentették a színek fúzióját, ami arra utal, hogy az illúzió nem a vizuális ingerek utóképe miatt jön létre.

Végül az illúzióknak valószínűleg feltétele a perceptuális csoportosítás (kettős hangot észleljünk, ne két hangot), mivel ha a második hang valamely tulajdonságában nem egyezik meg az elsővel (más frekvenciája volt vagy a második hang zaj volt), akkor eltűnik az illúzió (Roseboom és Kawabe, 2013).

Mindezen eredmények alapján az is felmerülhet, hogy a feldolgozási dinamika módosulhat a többlet bemenet következtében. Azonban, hogy a jelenség háttérében lévő szenzoros alapokat el tudjuk választani a kiértékelő folyamatoktól, nagy segítséget jelenthet számunkra a speciális eszközök, például a képalkotó eljárások alkalmazása.

2.2. Funkcionális mágneses rezonancián alapuló képalkotás (fMRI)

A funkcionális mágneses képalkotás során például a vér oxigénszintjének a változását tudjuk monitorozni jó térbeli felbontásban (miliméteres nagyságrend). Azonban mivel ez a paraméter csak közvetett információval szolgál az idegi tevékenységről, és a módszer idői felbontása gyenge, az egyes idegsejtekről nem mond semmit. Arra azonban alkalmas, hogy bizonyos területek működésbeli változásáról információt szolgáltasson. A fMRI illúzió esetében sikerült kimutatni, hogy az elsődleges látókéregben (V1) a felhasznált gyűrű alakú stimulusra reagáló területek aktivitása megnövekszik hang jelenlétében, továbbá erősebb az aktivitás akkor, amikor a képpel társított két hang kettős felvillanás illúzióját kelti vagyis az itt regisztrálható válasz erősebb összefüggésben van az észlelettel, mint a fizikai stimulációval. Az illúzió észlelésekor aktivitásnövekedés volt megfigyelhető még az STS és CS területén is (Watkins és mtsai., 2006), melyek szerepéről már korábban megemlékeztünk.

Azon lehetőség kizárására, hogy az aktivitásfokozódás az illúzióval együtt járó nem specifikus hatásoknak köszönhető, megvizsgálták a fúzió illúzióra adott választ is. A fúzió lényege, hogy két felvillanás egyetlen hang jelenlétében gyakran egyetlen felvillanás

benyomását kelti. Azt találták, hogy fúzió esetében viszont csökken az aktivitás az illuzórikus válaszokkal jellemezhető esetekben, tehát az itt mért aktivitás is a szubjektív észlelettel korrelál (Watkins és mtsai., 2007).

2.3. Transzkraniális direkt áram stimulálás (tDCS)

A tDCS egy nem invazív vizsgálóeljárás, melynek során gyenge intenzitású egyenáramot vezetnek a koponyába, ami az agyba bejutva megváltoztatja a sejtek membránpotenciálját és ennek következtében serkenthetőségüket (akciós potenciálokat közvetlenül nem indukál). Az ún. anódos stimulálás általában növeli az excitabilitást, a katódos viszont csökkenti. A físszió illúzió esetében azt találták, hogy a temporális kéreg anódos serkentése növelte az illuzórikus válaszok számát, a katódos csökkentette. Az occipitalis kéreg serkentése ezzel szemben gyengítette az illúziót. (Bolognini és mtsai., 2011)

Az auditoros kéreg serkentésének pozitív hatása utalhat a hangerő meghatározó szerepére. Nagyon gyenge hang esetében elérhető például, hogy a vizuális ingerek frekvenciája befolyásolja a hangok észlelt gyakoriságát (Andersen és mtsai., 2004). Azonban az is lehet, hogy a mögöttes ok az auditoros információ legátlásának a megnehezédése.

A (kiterjedtebb) vizuális kéreg serkentetőségének növelése lehetséges, hogy javítja az audio-vizuális integrációban érintett neuronok időbeli érzékenységét, amely az össz idegi aktivitás szintjén jobb jel-zaj arányhoz és ezáltal gyengébb illúzióhoz vezet.

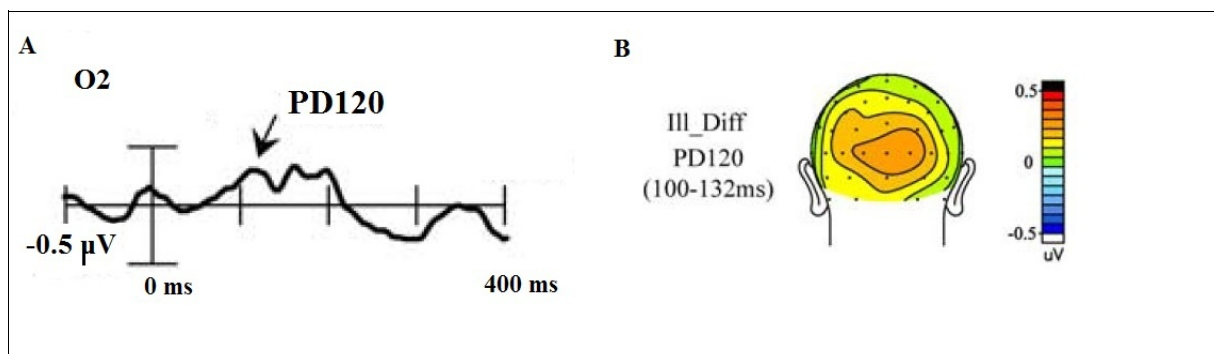
2.4. Transzkraniális mágneses stimuláció (TMS)

TMS segítségével képesek vagyunk adott agykérgi területek ideiglenes legátlására és így vizsgálhatjuk, hogy milyen funkcionális változást okoz a relatív hiányuk. Ebben az esetben azt találták, hogy a jobb gyrus angularis (temporoparietalis régió) működésének megzavarásával csökkenthető az illúzió, a gyrus supramarginalis esetében már ez nem igaz. Előzőt korábbi tanulmányok a figyelmi működésekkel hozták összefüggésbe, így a figyelmet irányító kérgi területek szerepére hívják fel a figyelmet (Kamke és mtsai., 2012).

2.5. Elektroenkefalográfiás (EEG) mérések

A figyelem szerepére EEG vizsgálattal is találtak bizonyítékot. Az EEG szintén egy nem invazív elektrofiziológiai eljárás, melynek során a hajas fejbőrrel többnyire Ag/AgCl elektródákkal elvezetett elektromos jelet erősítjük fel. Eseményhez kötött potenciálváltozás (EKP – Eseményhez Kötött Potenciál, amely az ismételt adott ingerekhez társult elektromos

válaszok kiátlagolása után kapott jellegzetes görbe) vizsgálatával azt találták, hogy már a korai 110/120 ms latenciánál van egy amplitúdónövekedés a téri figyelem hatására. A polaritása ennek a PD110/PD120-as komponensnek (a “PD” a pozitív különbségre - positive difference - utal) nem függött az inger megjelenési helyétől, ami a forráslokalizáció eredményével összhangban extrastriális (a V1-et nevezzük striatális kéregnek) eredetre utal. Ezen eredmények alapján arra következtethetünk, hogy az extra felvillanás illúzió mögött nem egy teljesen automatikus, ingervezérelt folyamat feltételezhető, hanem azt top-down hatások, mint pl. a téri figyelem is befolyásolhatják (Mishra és mtsai., 2009). Auditoros helyett taktilis stimulációval előidézett fissziót is vizsgálták, melynek során az inger megjelenését követően 110 és 200 ms-nál találtak pozitív különbséget az illúzió hatására (Erp és mtsai., 2014), mindez arra utal, hogy egy általánosabb jelenségről van szó, amely túlmutat az unimodálisnak tekintett területek aktivitásán. A fent említett 110-120 (100-132) ms latencia azért releváns, mert összefüggésbe hozták az illúzióra való hajlammal, a PD120 amplitúdója ugyanis korrelált az egyének illúzióra való fogékonyságával (Mishra és mtsai, 2007 – lásd 3. ábra). 34 személyt vizsgáltak EEG-vel, akiket két csoportra osztottak: illúzióról gyakran illetve ritkán beszámolókra. 100-132 ms között csak az előző csoportnál tapasztaltak jelentős aktivitásváltozást. Ebben a vizsgálatban több területre koncentráltak (auditoros, polimodális része a temporalis kéregnek és vizuális kéreg), ami alapján azt a következtetést vonták le, hogy az illuzórikus második felvillanás a halló és látókéreg nagyon gyors, dinamikus interakcióján alapul. Ebben a vizsgálatban a résztvevők átlagosan az esetek 37%-ában adtak illuzórikus választ a fisszió feltételben.



3. ábra: Az illúzióra való hajlammal összefüggésbe hozott PD120

Mishra és munkatársai (2007) által a különbség görbén ((K1H2+"no stimulus")- (V1+A2)) kapott 120 ms latenciánál csúcsosodó hatás. **A**, A differenciál görbe, ahol az y tengely -0.5 és 0.5 mikrovoltig, az x tengely -100-tól 400 ms-ig tart, ahol a 0-ban kezdődik az első auditoros inger és 10 ms után érkezik a vizuális. **B**, A PD120 skalpeloszlása. N=34

Egy korábbi tanulmányban (Shams és mtsai., 2001) nem sikerült ennél a latenciánál szignifikáns különbséget találni, aminek oka lehet az alacsony elemszám vagy a módszertani megközelítés problémája. Ebben a vizsgálatban 81%-os volt az illuzórikus válasz, ami utalhat arra, hogy releváns eltérés van a két labor által használt módszertan között. Ezen tanulmány adatait egészítették ki néhány további méréssel és megnézték, hogy a gamma frekvencia tartományban hol történik változás az agyi aktivitásban, minthogy ezt a jelenséget korábban összefüggésbe hozták a vonások integrációjával (Engel és Singer, 2001). Azt találták, hogy illúzió esetén (esetek 75%-a) nagyobb a gamma-válasz, a magas gammában 30 és 140 ms között van egy stimulushoz kötött válasz, ami a nem illuzórikus válaszok esetében nincs jelen. Egy késői 420-480 ms időtartományban is találtak gamma-koherencia növekedést, de ez már nem volt köthető a stimulus megjelenési idejéhez (Bhattacharya, Shams és Shimojo, 2002).

Különösen érdekes irány továbbá, hogy az illuzórikus válaszok alapján próbálnak visszakövetkeztetni az észlelés alapvető jellemzőire, ami akár differenciálhat is a különböző csoportok résztvevői közt. A skizofréneknél betegeknél tapasztalt hosszú időablakok esetében kapott jelentősebb illúzió például felveti a kérdést, hogy motoros válaszgátlásról, megváltozott integrációról vagy az alapvető szenzoros folyamatok normáltól való eltéréséről van elsősorban szó, ami magyarázhatja a kontrolltól eltérő válasz mintázatot. Az utóbbiakra utaló eredményeket már találtak például a P50 szupressziót célzó vizsgálattal (Magnée, Oranje, van Engeland, Kahn és Kemner, 2009). A fisszió tekintetében a szenzoros hatások tettenéréséhez alkalmasnak tűnik a Mishra és mtsai. (2007) által talált PD120 (100 és 132 ms között), azonban reprodukálhatósága még kérdéses.

Hipotéziseink

Megelőző vizsgálatunkban 20 személyt tartalmazó mintán vizsgáltuk meg, hogy a hosszú időablak (hangmegjelenési távolság = 133 ms) esetében is előidézhető-e illúzió. Ennek azért volt relevanciája, mert a szakirodalom szerint a három stimulusnak (egy kép és két hang) egy megközelítőleg 100 ms-os időablakon belül kell érkeznie ahhoz, hogy illuzórikus válasz váltódjon ki (Mishra, Martínez és Hillyard, 2013; Shams, Kamitani és Shimojo, 2002). Mi azon módosítást végeztük el, hogy az első hangot időben előre csúsztattuk, így a a kép megjelenésétől mindkét hang 67 ms távolságra érkezett (csak hamarabb illetve később). Ezen feltételben is jelentős volt az illúzió, ami azért volt izgalmas a számunkra, mert a két modalitással külön-külön összefüggő elektromos jelből adódó hatások jobban szétválnak. A

fent említett vizsgálat során igyekeztünk kiegyensúlyozottá tenni a protokollt azáltal, hogy ugyanannyi illuzórikus feltétel legyen, mint nem illuzórikus, ugyanannyi físsiót indukáló, mint fúziót, ugyanannyiszor szembesüljenek a személyek kettős felvillanással, mint egyszeressel. Mivel ez viszonylag megterhelő volt a résztvevők számára, és hiányzott a kép nélkül érkező hangingerek bemutatása, jelen vizsgálatban inkább utóbbiakat vezettük be és elhagytuk a fúzió illúzióval összefüggő feltételeket. Ezen tanulmány során tehát már az interakciókra fókuszálunk, melyhez különbség görbék szükségesek. Ennek megfelelően bevezettük a csak hang feltételeket és kihagytuk a fizikai két felvillanásokat. Mivel az ingerek időbeli kontextusa is releváns lehet (milyen gyakorisággal érkeznek milyen más feltételek között), ezért először arra voltunk kíváncsiak, hogy az új protokollal is sikerül-e illúziót előidézni a rövid és a hosszú időablakkal rendelkező feltételekben.

A fentiekből adódóan az *első hipotézisünk*: a jelenlegi protokoll segítségével is előidézhető físsió illúzió mindkét időablak esetén.

Ahhoz, hogy kijelenthessük, hogy nem a hallási küszöb egyénenkénti variabilitásából adódnak az illúzióra való hajlandóságban tapasztalt eltérések, minden hangingert tartalmazó kondícióból kettőt alkalmaztunk: erős és valamivel gyengébb hangingereket (70 és 63 dB). Amennyiben kis hangerő különbségek képesek befolyásolni az illúzióra való fogékonyságot, akkor ezen vizsgálati eljárás veszít hasznosságából, hiszen nem lehet eldönteni, hogy az egyéni különbségek az enyhe hallási funkcióban levő eltérésekből, esetleg a hangszórók nem mindig tökéletes elhelyezéséből adódnak vagy az eltérő integrációból. Ezért megvizsgáltuk, hogy egy 7 dB-es hangerő csökkenés (még jól hallható, de egyértelműen halkabb) mennyire képes befolyásolni a válaszadást. *Második hipotézisünk* tehát: ép hallású személyeknél nincs markáns hatása egy 7 dB-nyi hangerő különbségnek.

Mishra és munkatársai (2007) leírtak egy PD120-as komponenst occipitalisan, ami korrelál a viselkedéses válaszokkal. A PD a pozitív differenciára utal és a különbség görbét úgy kapták, hogy a (físsió + nincs stimulus) feltételekből kivonták a (csak kép + csak hangok) feltételeket. Minthogy a vizuális inger valamint a második hang mindkét esetben ugyanakkor érkezik, abban az esetben, ha ez a hatás azon múlik, hogy a vizuális feldolgozás egy adott szakasza modulálódik, akkor mindkét illuzórikus (hosszú és rövid) feltételben várunk korrelációt a különbség görbék és viselkedéses válaszok között a korai latenciáknál.

Harmadik hipotézisünk: Mind a rövid hangos (3/1), mind a rövid halk (3/2), mind a hosszú hangos (3/3), mind a hosszú halk (3/4) físsiót indukálni képes feltételben találunk korrelációt

a 100-tól 140 ms-ig tartó intervallumban a különbség görbéken mért amplitúdók és a viselkedéses válaszok között.

Módszerek

1. Résztvevők

A vizsgálatban 22 személy vett részt (11 nő és 11 férfi), átlagéletkoruk 22,72 év (standard szórás = 5,03), többségük egyetemi hallgató. Minden résztvevő jobb kezes volt, normál vagy normálra korrigált látással és hallással rendelkezett illetve nem szenvedett neurológiai betegségben. Ebből négy személy került kizárára a viselkedéses válaszokat is igénylő próbák esetén, akik nem számoltak be illúzióról. Minden résztvevő a vizsgálat megkezdése előtt elolvasta tájékoztatónkat és aláírta az Egyesített Pszichológiai Kutatásetikai Bizottság (EPKEB) által jóváhagyott beleegyező nyilatkozatot (lásd az 1. és 2. mellékletben). A vizsgálatban való részvételért 1500 ft jutalmat ajánlottunk fel.

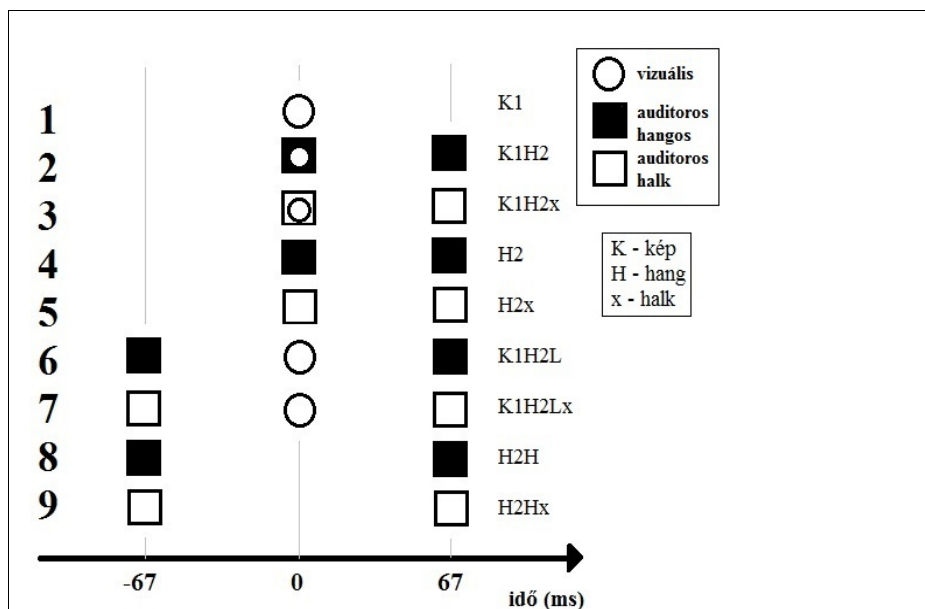
2. Vizsgálati eljárás és az ingerek paraméterei

A vizuális stimulus egy fekete háttéren megjelenő $1,5^\circ$ -os fehér kör volt 8° excentricitással a középén elhelyezkedő $0,5^\circ$ -os fixációs kereszt alatt és megközelítőleg 16,67 ms ideig volt fenn egy LCD monitoron. Auditoros ingerként egy 70 illetve egy 63 dB SPL hangerejű, 3500 Hz-es, közel 10 ms időtartamú hangokat használtunk, amelyeket az Audacity 2.0.4-es program (<http://audacity.sourceforge.net/?lang=hu>) segítségével generáltam. A hangerőt egy Voltcraft SL-50-es hangerőmérővel (Conrad, Budapest) mértük és 10 mérés átlagaként adtuk meg, minthogy 3,5 dB mérési szórást mutat a műszer. Az ingersor az E-Prime 2.0 Professional szoftver (Psychology Software Tools, Inc., Sharpsburg, Pennsylvania, USA) segítségével lett összeállítva és prezentálva.

A vizsgálat során a résztvevőknek a képernyőn centrálisan elhelyezkedő $1,5^\circ$ -os fehér fixációs keresztben kellett tartaniuk a tekintetüket, miközben a periférián felvillanó köröket számolták. Ha úgy ítélték, hogy egyszeres felvillanást láttak, akkor bal kézzel a bal oldali 1-es billentyűt kellett lenyomniuk. Amennyiben dupla felvillanást észleltek, értelemszerűen a mellette elhelyezkedő 2-t illetve, ha nem jelent meg vizuális inger, csak hangokat hallottak, akkor a 3-as gombot. A számítógép mindig megvárta a választ, amit előzetesen közöltünk résztvevőinkkel, hogy ne érezzenek időnyomást. A regisztráció két tömbre osztottuk, ami azt jelentette, hogy volt egy kötelező szünet. A tömbökön belül azonban további 4-4 pihenő

szakasz is be volt iktatva, amikor egy kékes tájkép jelent meg és a személy eldönthette, hogy pihenne vagy akár azonnal folytatja a feladaott, amelyet a SPACE billentyű lenyomásával tehetett meg.

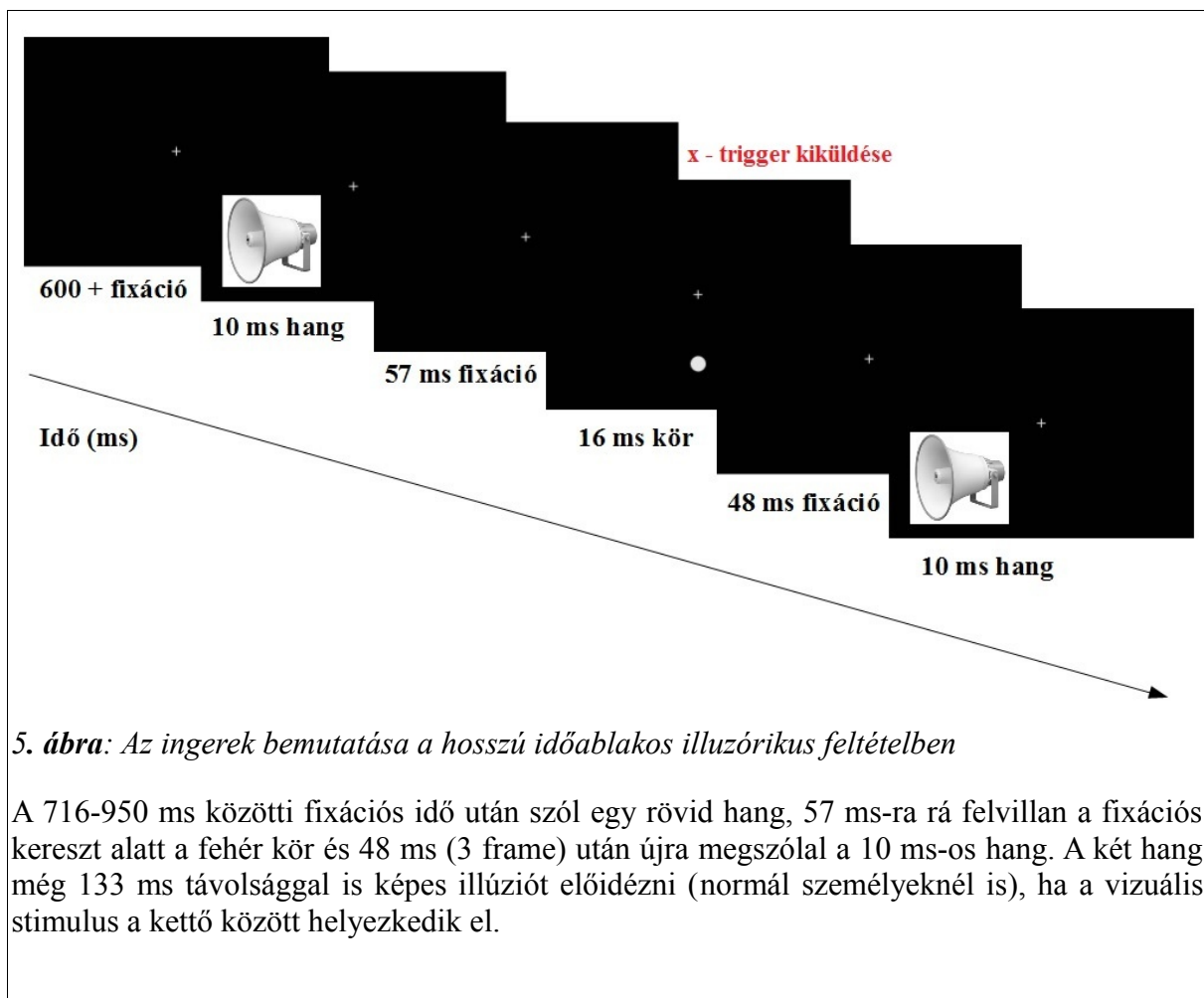
Összesen 1350-szer történt ingerbemutató, 150 kondícióként. A következő feltételeket alkalmaztuk: (1) egyetlen kép (fehér kör) jelenik meg hangok nélkül (K1), (2) egy kép két hang kíséretében, amikor az első hang a képpel együtt, a második 67 ms-ra rá következett (K1H2), (3) ugyancsak 67 ms-os illuzórikus feltétel csak halkabb hanggal (K1H2x), (4) két hang 67 ms távolságra kép nélkül (H2), (5) két hang 67 ms távolságra halkabban (H2x), (6) két hang 133 ms távolságra, a kettő között egy képpel (K1H2L), (7) a hatodik kondíció csak halkabban (K1H2Lx), (8) két hang 133 ms távolságra kép nélkül (H2H), (9) a nyolcadik feltétel, csak halkabban (H2Hx). A feltételek összegzését lásd a 4. ábrán.



4. ábra: A kísérletben alkalmazott kondíciók

Vízszintes tengelyen az idő látható ezredmásodpercben (ms – milliszekundum), 0-ban érkezik a vizuális inger, amennyiben van, ha nincs, akkor ahhoz a képernyőfrissítési ablakhoz (*frame*) történt a számítógép triggerelése, ahol más feltételekben érkezik. A karika jelöli a perifériásan felvillanó fehér kört, a négyzet a 10ms-os hangot. A fekete töltőszín a hangosabb 70 dB-es változatot jelöli, kitöltés nélkül pedig a 63 dB-eset. K1 -egy kép, K1H2 – físzitót indukáló kondíció 67 ms-os hangmegjelenési távolsággal, K1H2L – físzitót indukáló kondíció 133 ms-os hangmegjelenési távolsággal, H2 - két hang 67 ms-ra, H2H – két hang 133 ms távolságra, x jelöli a halkabb változatot.

Az első inger megjelenését megelőzte egy 600 + 116-350 ms-os szakasz, amikor csak a fixációs kereszt volt fenn. Az inger bemutatásra példaként megtekinthető a K1H2L feltétel a 5. ábrán.



A 716-950 ms közötti fixációs idő után szól egy rövid hang, 57 ms-ra rá felvillan a fixációs kereszt alatt a fehér kör és 48 ms (3 frame) után újra megszólal a 10 ms-os hang. A két hang még 133 ms távolsággal is képes illúziót előidézni (normál személyeknél is), ha a vizuális stimulus a kettő között helyezkedik el.

A kísérlet az esetek többségében valamivel kevesebb, mint két órát vett igénybe, ebből megközelítőleg egy órát tett ki a feladatvégzés. Ezen idő alatt a résztvevők egyedül voltak egy elsötétített szobában. Infrakamera segítségével monitorozni tudtuk az állapotukat. Kihangsúlyoztuk, hogy bármikor jelezhetnek felénk.

3. Elektrofiziológiai (EEG) regisztráció

Egy 32 csatornás EEG regisztráló készülékkel (Biosemi B.V., Amszterdam, Hollandia, <http://www.biosemi.com>) történt a mérés. Az elektródák a nemzetközi 10-20-as rendszernek megfelelően lettek csatlakoztatva egy előregyártott BioSemi EEG sapka segítségével. A következő csatornákon vezettünk el: Fp1, Af3, F7, F3, Fc1, Fc5, T7, C3, Cp1, Cp5, P7, P3, Pz, Po3, O1, Oz, O2, Po4, P4, P8, Cp6, Cp2, C4, T8, Fc6, Fc2, F4, F8, Af4, Fp2, Fz, Cz

továbbá egy EXG1 és EXG2 külső elektródákkal, amelyeket a jobb és bal mastoideus feletti bőrfelületre helyeztünk fel. A regisztráláskor a két speciális elektróda -a CMS és DRL- volt a föld és a referencia. Az adatelemzés során úgynevezett közös átlag referenciát alkalmaztunk, mert a külső elektródákra (mastoideus elvezetések) időnként erős zaj tevődött rá.

A mintavételezés 250 Hz frekvencián történt, a rögzített EEG jelre nem alkalmaztunk frekvenciaszűrőt. A feldolgozás során, ha az adatok megkívánták (például időnként nagy amplitúdóval ingadozó jel esetén), akkor 0,3 Hz-es alsó (high pass), a megjelenítéshez pedig 30 vagy 50 Hz-es felső (low pass) filtert alkalmaztunk. A számítógép jeleket (triggereket) küldött az EEG-t regisztráló gép számára a válaszgomb lenyomásakor valamint az auditoros/vizuális stimulusok megjelenítésekor. Az eseményhez kötött potenciál (EKP) görbék esetében mindig a kép megjelenése jelenti a 0 időpontot (csak hang feltételek esetében az a frame, amelynél az illuzórikus kondíciókban a kép szokott megjelenni).

A feldolgozás a MATLAB 7.7.0 R2008b szoftver EEGLAB v13.1.1 valamint az ERPLAB 4.0.2.3. (Lopez-Calderon és Luck, 2014) programcsomagjának (toolbox) segítségével történt. A vizuális stimulusok triggerei alapján 600 ms-os szakaszokat (epochokat) vágunk ki a regisztrátumból (100 ms stimulus előtti és 500 ms stimulus utáni intervallum). A műtermékek kiválogatása manuálisan történt. Elsősorban a pislogások megfelelőit, de más kiugró jeleket is eltávolítottam. Ha egy specifikus artefaktumból nagyon sok volt, azt független komponens elemzés segítségével azonosítottuk, majd vontuk ki a jelből.

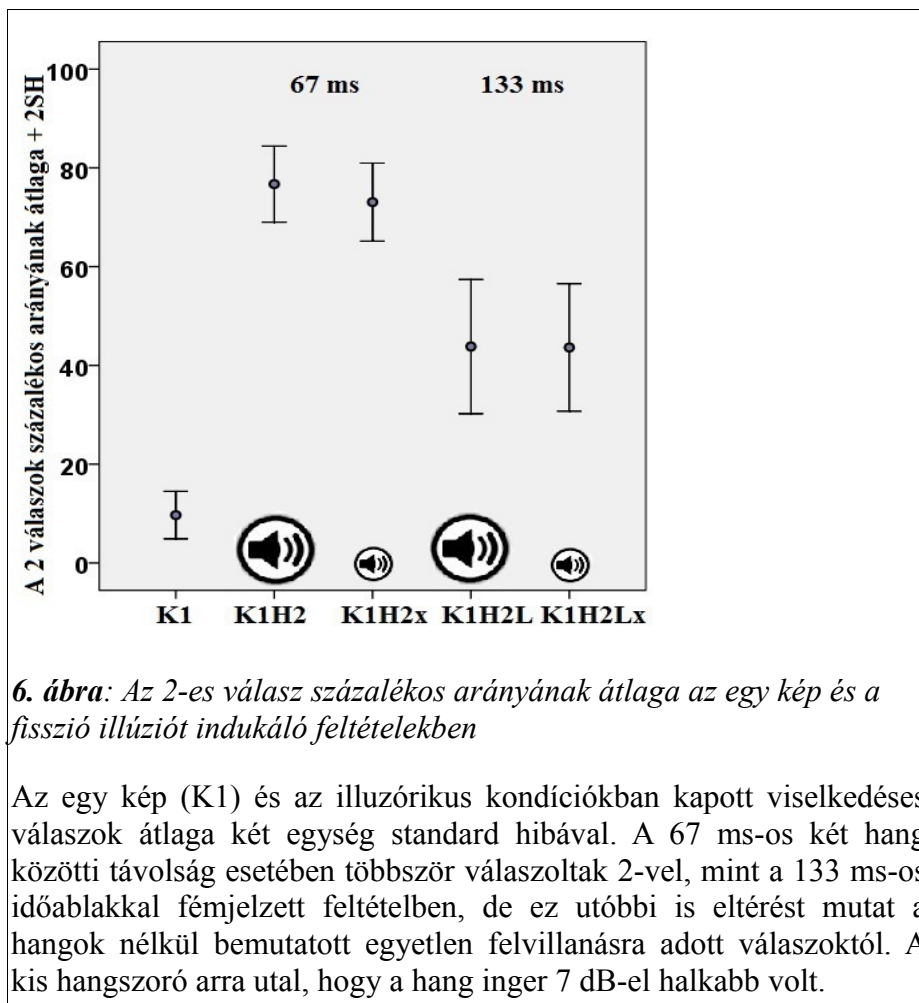
Eredmények

1. Viselkedéses eredmények

A résztvevők (N=18) az esetek 9,689 ($\sigma=10,206$) százalékában válaszoltak 2-vel, ha 1 felvillanást láttak hangok nélkül. Az illuzórikus feltételekben pedig K1H2 esetében 76,717 ($\sigma=16,336$), K1H2x feltételben 73,072 ($\sigma=16,756$), K1H2L-ben 43,822 ($\sigma=28,8298$), K1H2Lx-ben 43,633 ($\sigma=27,37$) százalékban (lásd összehasonlításként a 6. ábrát). Egymintás t próbát végezve azt találjuk, hogy $p<0,001$ szinten igaz az, hogy mind a rövid (K1H2: $t(17)=17,33$; K1H2x: $t(17)=15,970$, $p<0,001$), mind a hosszú (K1H2L: $t(17)=4,977$; K1H2Lx: $t(17)=5,212$, $p<0,001$) illuzórikus feltételben kapott válaszok eltérnek a hang nélkül bemutatott egy kép (K1) kondícióban kapott felfele kerekített 10 százaléktól. Ismételt mérések (repeated measure) ANOVA segítségével kimutatható, hogy a hangok közti időbeli távolságnak (rövid 67 ms, hosszú 133) jelentős a hatása ($F(1,17)=20,816$, $p<0,001$). Ezzel

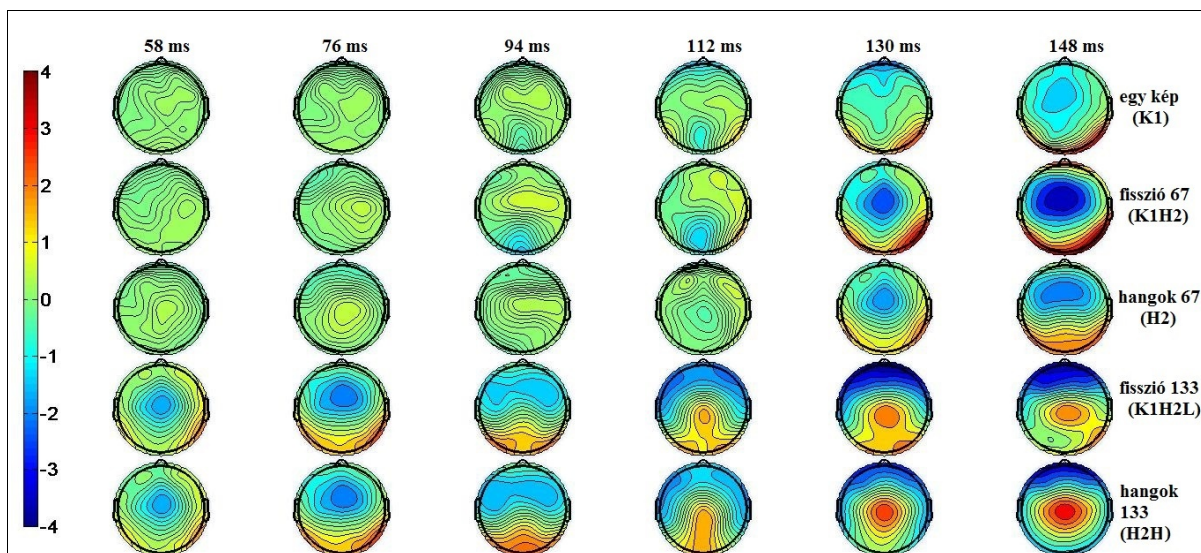
szemben a hangerőnek (hangosabb, halkabb) nincs kimutatható befolyása ($F(1,17)=1,720$, $p=0,207$ – 1,5%-nál kisebb különbséget jelentő hatásnagyság), az interakció (TÁVOLSÁG $\times$ HANGERŐ) pedig ugyancsak nem szignifikáns ($F(1,17)=2,970$, $p=0,103$), de lehetséges, hogy nagyobb mintán találunk hatást.

A halkabb és hangosabb feltételek erős korrelációt mutattak mindkét időablak esetén (K1H2 és K1H2x: Pearson féle $r(17)=0,0951$, $p<0,001$; K1H2L és K1H2Lx: Pearson féle $r(17)=0,947$, $p<0,001$).



2. Az EEG adatok feldolgozása

A két első hang közötti 67 ms-os távolság megmutatkozik az auditoros N1 komponensek megjelenésében, mert a centrális negativitással jellemezhető aktivitásmintázat körülbelül ennyi csúszást mutat a kétféle físsziót indukálni képes kondíció között (lásd a 7. ábrát).

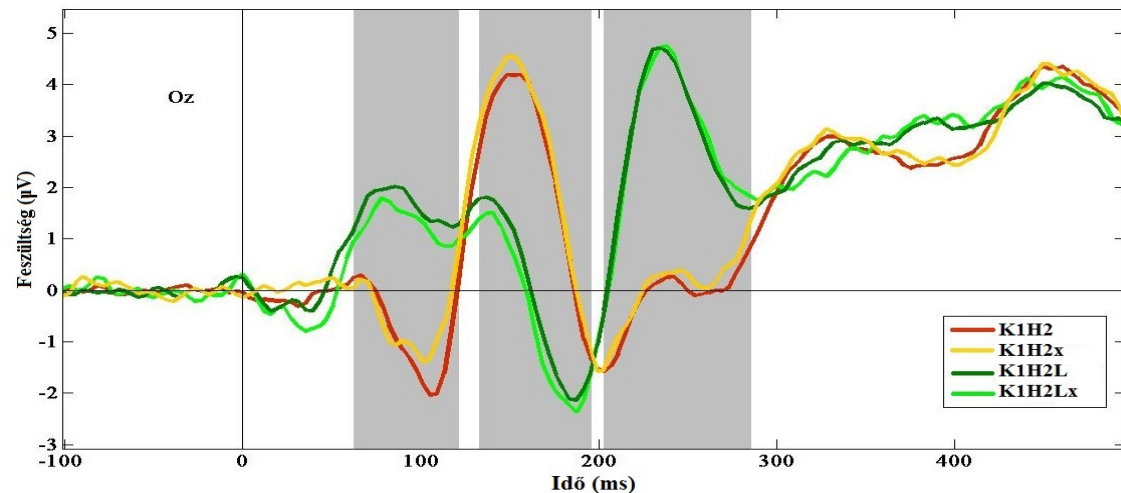


7. ábra: Skalpeloszlások, amelyek szemléltetik a kétféle fissziót indukáló feltétel közötti különbséget a korai feldolgozásban

A skalpeloszlások -4 és $4 \mu\text{V}$ közötti átmeneteket szemléltetnek fentről lefele a hangok nélkül bemutatott egy kép (K1), a 67 ms-os hangmegjelenési távolság melletti hangos fisszió (K1H2), a csak két, egymástól 67 ms-ra érkező hang (H2), a 133 ms-os hangmegjelenési távolsággal indukált fisszió (K1H2L) és a csak két, egymástól 133 ms távolságra érkező hang. A halkabb hangok esetében ugyanezen mintázatok láthatóak, csak a zsúfoltság elkerülése végett nem jelenítettük meg. A kör megjelenésétől számított a 76 ms-ra a K1H2L és 148 ms-ra a K1H2 feltételben jól látható az auditoros N1-re jellemző centrális negativitással járó skalpeloszlás, ami visszaadja a két feltételben a két első hang közötti távolságot. Tehát sikerült megoldanunk a hang ingereknek relatív pontos időzítését.

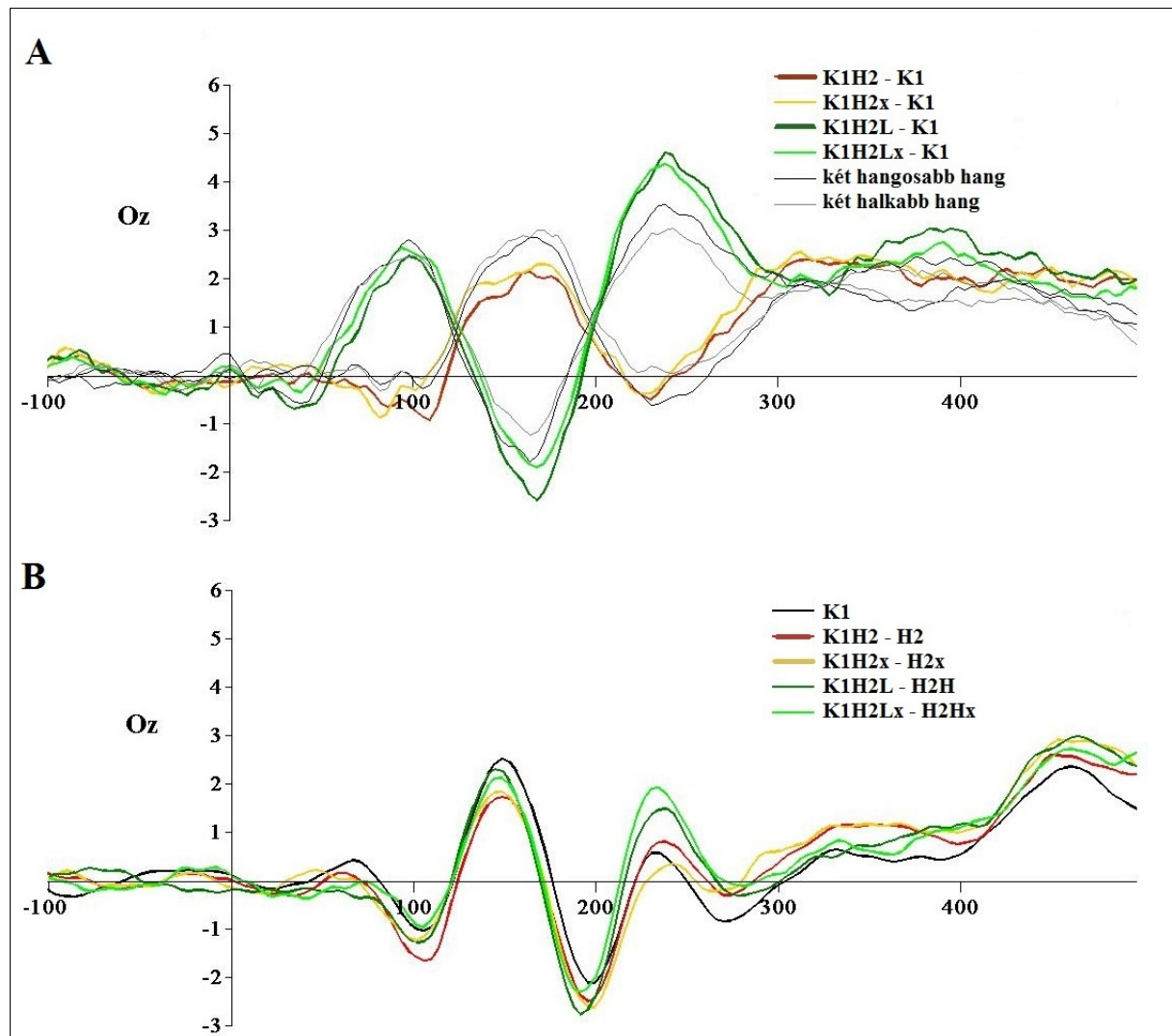
Az EKP görbék szintjén se látni markáns különbséget a halk és hangos feltételek között. Az Oz és Cz elektródára fókuszáltunk, egyrészt a szakirodalmi hagyománynak megfelelően, másrészt, mert előbbin elsősorban a vizuális, utóbbin pedig az auditoros hatások jellegzetesek. A hangosabb és halkabb feltételek esetében nagyon hasonló görbéket kapunk minden feltételben (lásd a 8. ábrát).

125 ms-os csúccsal mi is találtunk korai interakciós hatást a különbség görbéken. A K1H2 (rövid hangmegjelenési távolság, hangosabb auditoros ingerek) esetében jelentősen kisebb a 100 és 140 ms közötti sávban azonosítható pozitív csúcs. Ezen görbék úgy generálhatóak, hogy a fissziót indukálni képes feltételekből kivonjuk a nekik megfelelő csak hang (H2, H2x, H2H, H2Hx) (9A ábra) illetve a csak kép (K1) (9B ábra) feltételek által kiváltott feszültségváltozást is (eredmény: 10. ábra).



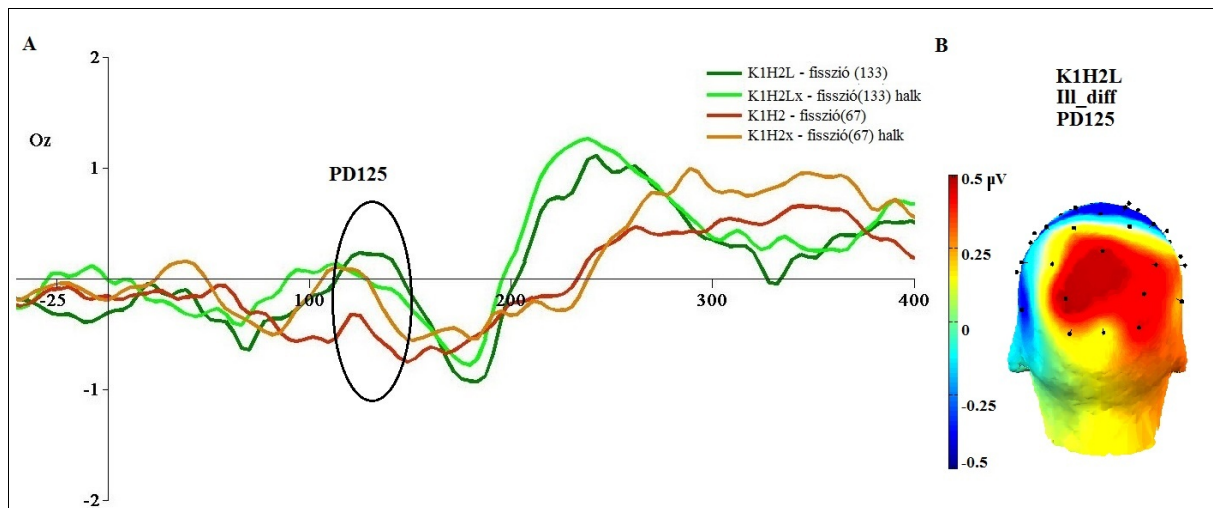
8. ábra: Fissziót indukálni képes feltételek EKP görbéi

- A A pozitív feszültség különbségek felfele vannak ábrázolva és μV -ban megadva. Az x tengelyen az idő látható -100 és 500 ms között, ahol a 0 ms jelenti a kép megjelenésének idejét. A sötétebb színeket a hangosabb feltételek EKP görbéi esetén használtuk. A zöldek a hosszú, 133 ms-os hangmegjelenési távolsággal jellemezhető feltételek. A piros és narancssárga a 67 ms-al. A szürke sáv a szignifikáns különbségekre utal (permutációs statisztika FDR korrekcióval, $p=0,01$). Mindez azt jelenti, hogy az első hang eltérő érzézési idejének köszönhetően az EKP görbék lefutása teljesen eltér a feldolgozás szinte teljes ideje alatt. Ennek ellenére, amikor kivonjuk a csak kép (K1) által kiváltott elektromos választ és a csak hangok (H2, H2x, H2H, H2Hx – fisszió feltételtől függően) a dupla különbséget mutató görbék hasonló lefutást mutatnak, főleg a korábbi latenciáknál (lásd 10. ábra). Ezen értékeket az Oz (occipitalis középvezetési) csatorna esetében kaptuk, de hasonló lefutás mutatkozik az O1, O2 és Oz elvezetések átlagolásakor is. $N=18$



9. ábra: Egyszeres különbség görbék

A, A físsziót indukálni képes feltételekből (K1H2 típus) kivontuk az egy kép által indukált elektromos választ. A különbség görbe együtt fut a csak hangok (H2, H2H típus) által előidézett hullámokkal, az eltérések utalhatnak interakciós hatásra. **B**, A físszió feltételekből kivontuk a nekik megfelelő csak két hang által kiváltott válaszokat. A különbség görbe ezúttal az egy kép (K1 - fekete) esetében kapott EKP görbével mutat hasonló lefutást. Piros: físszió (67 ms hang megjelenési távval (HMT)) – két hang (HMT=67 ms); narancs: físszió (HMT=67 ms) – két halkabb hang (HMT=67 ms); sötét zöld: físszió (HMT=133 ms) – két hang (HMT=133 ms); világos zöld: físszió (HMT=133 ms) – két halkabb hang (HMT=133 ms). N=18



10. ábra: Különbség görbék az illuzórikus feltételekben és a PD125

A különbség görbéket úgy kapjuk, hogy az illuzórikus feltételnél (K1H2, K1H2x, K1H2L, K1H2Lx) kapott görbéből kivonjuk a csak hangokra (H2, H2x, H2H, H2Hx) és a csak képre (K1) kapott aktivitást, feltételezve, hogy ami fennmarad az utalhat az interakciós működésre. **A, A négyféle különbség görbe.** A vízszintes tengelyen az idő látható ms-ban, 100 és 140 ms között látható a vizsgálatunk fókuszában lévő aktivitás. A függőleges tengelyen a feszültség különbség μV -ban. Sötét zöld: físzio(133), világos zöld: físzio(133) halk, piros: físzio(67), narancs: físzio(67) halk. 50 Hz-es alul áteresztő szűrőt alkalmaztunk a megjelenítéshez. Esetünkben a különbség görbe 125 ms körül mutatott maximális aktivitást az érdeklődésünkre számot tartó korai intervallumban. A görbék morfológiája mutat hasonlatosságot a szakirodalomban már leírttal, lásd a 3. ábrát. **B, A skalposzlása a PD125-nek a K1H2L feltétel esetében.** Az alapvonal különbségből illetve a PD125-t megelőző negatív komponensek hatásából adódóan a többi feltételben nincs látványos pozitivitás. Azonban a 120-140 ms időintervallumban a négy különbség görbe hasonló meredekséget mutat, a feltehetően közös oki háttérre vonatkozó feltételezést erősítik az ebben az intervallumban mért átlag amplitúdók közti jelentős korrelációk.

A különböző differenciál görbék között a következő együttjárásokat találtuk Oz-n: K1H2L és K1H2Lx: $r(17)=0,727$, $p=0,001$; K1H2 és K1H2x: $r(17)=0,575$, $p=0,013$; K1H2L és K1H2: $r(17)=0,518$, $p=0,028$; K1H2x és K1H2Lx: $r(17)=0,357$, $p=0,145$.

Átlagolva az O1, Oz és O2 csatorna értékeit ezek az összefüggések a következőknek adódtak: K1H2L és K1H2Lx: $r(17)=0,657$, $p=0,003$; K1H2 és K1H2x: $r(17)=0,649$, $p=0,004$; K1H2L és K1H2: $r(17)=0,655$, $p=0,003$; K1H2x és K1H2Lx: $r(17)=0,434$, $p=0,072$.

Amennyiben a referenciának használt átlagba nem számítottuk bele az Fp1, Fp2, AF3 és AF4 csatornák adatait (az artefaktuális hatások minimalizálására való tekintettel) a következő korrelációkat találtuk: K1H2L és K1H2Lx: $r(17)=0,638$, $p=0,004$; K1H2 és K1H2x: $r(17)=0,710$, $p=0,001$; K1H2L és K1H2: $r(17)=0,630$, $p=0,005$; K1H2x és K1H2Lx: $r(17)=0,571$, $p=0,013$.

Korrelációt találtunk a viselkedéses válaszokkal a 120 és 140 ms közötti időszakban a differenciálgörbék (DD = físszió – (csak hang + csak kép)) esetében a 133 ms-os hangmegjelenési távolsággal rendelkező illúziót indukáló feltételekben. A hangosabb hangok esetében $r(17)=0,468$ és $p=0,050$, a halkabbaknál $r(17)=0,486$, $p=0,041$. Ezen összefüggéseket szemlélteti az 1. táblázat (és az 3B. melléklet grafikusán).

1. táblázat

A 133 ms-os hangmegjelenési távolság esetén kapott differenciálgörbék 120 és 140 ms közötti átlag amplitúdója és a nekik megfelelő viselkedéses válaszok együttjárása

N=18	K1H2L (viselkedéses)	K1H2Lx (viselkedéses)	DDL_120_140 (amplitúdó)	DDLx_120_140 (amplitúdó)
K1H2L Pearson's r szignifikancia	1	0,947 <0,001	0,468 0,050	0,410 0,91
K1H2Lx Pearson's r szignifikancia		1	0,392 0,108	0,486 0,041
DDL_120_140 Pearson's r szignifikancia			1	0,727 0,001
DDLx_120_140 Pearson's r szignifikancia				1

Az O1, Oz és O2 elektródákon mért 120 és 140 ms közötti különbség görbén mért átlagamplitúdók átlaga a viselkedéses válaszokkal a következő együttjárásokat mutatta: K1H2L: $r(17)=0,417$, $p=0,085$; K1H2Lx: $r(17)=0,494$, $p=0,037$. Egyetlen kiugró érték kizárásával a K1H2L esetében kapott korreláció a következőre módosult: $r(16)=0,612$, $p=0,009$.

Ugyancsak együttjárást találtunk a 67 ms-os feltételben a halk kondícióban 100 és 120 ms között számított átlagamplitúdó és a viselkedéses válaszok között ($r(17)=0,508$, $p=0,031$), a hangos feltételben azonban itt sem azonosítottunk semmit ($r(17)=0,241$, $p=0,335$).

Megvitatás

Feltételezésünk (első hipotézis), miszerint a jelen protokoll segítségével is kapunk illúzióra utaló válaszokat, annak ellenére, hogy a személyek nem találkoznak fizikai két felvillanással és a csak hangokat tartalmazó feltételek miatt ritkábban asszociálódik az adott hang az adott képpel, beigazolódott. Azonban pilóta kísérletünkkel ellentétben ezúttal jelentős különbséget találtunk a rövid és hosszú hangmegjelenési távolsággal jellemezhető feltételek között. Előzetes eredményeinktől való ezen eltérésnek több oka is lehet: más résztvevők, a físsiót indukáló feltételek más feltételekkel való kombinálása vagy a hosszabb stimulus előtti intervallum, minthogy előzőleg csak 600 ms fixációs idő előzte meg az első inger megjelenését. Ezen eredmény azonban előnyös a számunkra, minthogy jelen protokoll alkalmazása mellett azt kaptuk, hogy a hosszú kondícióban nagyobb a variabilitás. A rövid feltételben tapasztalt kisebb szórás azért lehet problémás, mert az egymáshoz közeli viselkedéses értékek korreláltatása a némileg zajos EEG differenciálgörbéből számított amplitúdóval jelentősen megnehezíti az összefüggések tettenérését.

Igaznak bizonyult, hogy a 70-hez képest egy 7 dB-el halkabb hangerőnek nincs markáns hatása (második hipotézis), mert ha megfelelően nagy mintán ki is mutatható szignifikáns eltérés a hangerő hatás következtében, a jelen adatok alapján kapott hatásnagyság olyan kicsi, hogy kizárja annak lehetőségét, hogy az egyéni különbségek ezen tényezőre legyenek visszavezethetőek, ami növeli a vizsgálat megbízhatóságát. Gondoljunk bele, ha kisebb hangerő különbségek jelentős hatással bírnának, akkor nem tudnánk a variabilitást a kognitív feldolgozás eltéréseire visszavezetni anélkül, hogy szigorúan kontrollálnánk a hallásküszöböt, háttérzajt, hőmérsékletet, a hangszórók helyét a fülektől és minden más lehetséges befolyásoló tényezőt. A halkabb feltétel bezetésére tehát módszertani szempontból volt releváns a számunkra, a mérések reliabilitásának támogatásaként.

Harmadik feltételezésünk a korai latenciánál mért értékek és a viselkedéses válaszok közti együttjárásra vonatkozóan csak részben nyert igazolást. Az első két alhipotézis (3/1 és 3/2), miszerint a rövid hangos físsió (K1H2) esetén is kimutatható korreláció a differenciálgörbe korai latenciájú átlag amplitúdói és a viselkedéses válaszok között, nem teljesült. Minthogy hosszú időablak mellett (K1H2L és K1H2Lx) találtunk korrelációt a szakirodalomban leírt hatásnagysággal ($r(33)=0,48$, $p<0,01$: Mishra és mtsai., 2007) lehetségesnek tűnik, hogy a rövid feltételben a viselkedéses válaszok kis variabilitása és az elektrofiziológiai mérések zajosabb volta magyarázza az összefüggések hiányát 18-as elemszám mellett. A K1H2

feltételben hasonló erősségű illúziót (70% feletti) tapasztaltunk, mint Shams és munkatársai (2001), akik szintén nem találtak jelentős occipitalis hatást korai latenciánál. Később felmerült (Mishra és mtsai, 2007), hogy az eltérések egyik lehetséges oka, hogy a differenciál görbe számításakor nem adtak hozzá egy "nincs stimulus" feltételt a físsióhoz. Ennek szükségességét azzal indokolták, hogy lehetnek olyan nem specifikus, minden feltételben megjelenő hatások, amelyeket az $A - (B+C)$ módszerrel kétszer vonunk ki a jelből, ami vagy elmaszkol egy számunkra fontos jelenséget vagy megjelenik műtermékként egy nem reális különbség. Mi is egyetértünk az egyből kettőt kivonás problémás voltával, azonban egy "nincs stimulus" feltétellel nem tudjuk kivonni azokat az általános ingerfeldolgozáshoz köthető, a stimulus megjelenésétől számított adott idejű válaszokat, amelyek a leginkább problémásak. Továbbá ha a "nincs stimulus" feltétel sehol nem tér el szignifikánsan az alapvonaltól, akkor csak egy kis plusz zajt viszünk a kivonásba. Amennyiben pedig külön feltételként bevezetjük lehetséges, hogy specifikus hatásokat vált ki, amiket nem kellene kivonnunk. Mi is elhelyeztünk egy trigger az első inger előtt 600 ms-ra, hogy "nincs stimulus" feltételt generáljunk, de nem találtuk indokoltnak a felhasználását (minden latenciánál ugyanazt az aktivitást találtuk). A físsió EKP-iből kivont csak hang feltételek EKP-i az egy képhez hasonló lefutású görbét adtak. Azért vontuk ki az egyszeres különbségből az egy kép (K1)-nek megfelelő EKP-t, hogy lehetőleg az additív hatáson felüli interakciós hatásokat vizsgálhassuk (lásd 9. ábra).

Figyelembe véve, hogy a Mishra csoport (2007) által (rövid, 70 ms-os hangmegjelenési távolság mellett) kapott illúzióerősség a mi esetünkben a hosszú időablak mellett kapott értékhez közelít, feltételezhető, hogy a korrelációk tettenérését az occipitalis PD120/125 esetében a viselkedéses válaszok erősebb szórása segíti elő.

A kettős különbség görbék tekintetében jelentős hatásokat találtunk a 200 és 400 ms latencia között, melyek jelentősége még nem egyértelmű és minthogy ezen intervallumban különböző eltéréseket találtak az eddigi tanulmányok (Shams és munkatársai (2001) pozitív, Mishra és munkatársai (2007) negatív irányút), valamint nem tudtunk kimutatni semmiféle kapcsolatot a viselkedéses válaszokkal, jelen pillanatban még nem vállalkozunk az ezzel kapcsolatos feltételezéseink publikálására. Ezen tanulmány célja pusztán egy olyan elektrofiziológiai korrelátum azonosítása, ami alapján megbízhatóan vizsgálhatóvá válnak a multiszenzoros integrációt befolyásoló tényezők. Még az sem tisztázott, hogy ezen tényezők mennyire lehetnek abban az értelemben pszichológiai és nem biológiai jellegűek, hogy

például az illetők egy diffúz vagy fókuszált működést alkalmaznak a feladatvégzés során. Természetesen az is lehetséges, hogy a résztvevők közötti agyi strukturális eltérések magyarázzák a fiziológiai eredmények variabilitását, ugyanis már sikerült kapcsolatot találni a V1 nagysága és az illúzióra való hajlam között más paradigmák (Ebbinghaus és Ponzo illúziók) esetében (Kanai és Rees, 2011). Figyelembe véve azonban, hogy a szakirodalmi PD120 amplitúdója modulálható a téri figyelem változtatásával (Mishra, 2009), lehetségesnek tűnik, hogy főleg működésbeli sajátságról van szó. Különösen érdekes volt a számunkra, hogy a 120 és 140 ms közötti átlag amplitúdók együttjárást mutattak nemcsak a hangos és halk, de a hosszú illetve rövid feltételek esetében is. Mivel az első hang 67 ms különbséggel érkezett, mindez arra utal, hogy ez az általunk vizsgált korai intervallum a vizuális feldolgozás egy modulációra érzékeny szakasza és az itt tapasztalható hatások az egyének feldolgozási sajátosságáról árulkodnak.

Úgy tűnik, hogy a hosszú időkeretes fisszió illúzió az általunk beállított paraméterek mellett egy egyszerűen használható eszköz lehet, amely már egy viszonylag kisebb mintán is képes indikátora lenni az interakciónak. Érdemes hangsúlyozni, hogy jelen szerzők nem tekintik relevánsnak, hogy valóban észleltek-e a résztvevők egy második felvillanást vagy csak az első tűnt valamivel hosszabbnak, ami alapján a 2-es gombot nyomták meg, hiszen ez utóbbi esetében is megtörtént a vizuális feldolgozás hang általi modulálása, minthogy a különbség görbéken mért korai (tudatos döntést feltehetőleg megelőző) átlag amplitúdók korrelációt mutatnak a viselkedéses válaszokkal. A korai szenzoros hatás tehát természetesen nem feltétlen a második felvillanást tükrözi, valószínűbb, hogy mindössze a vizuális feldolgozás más modalitás általi befolyásolhatóságára vonatkozóan informatív (például egy latenciabeli gyorsulás is megjelenhet a különbség görbén), ami viszont hatással lehet az illúzióra való fogékonyságra. Ennek ellenére hasznos mutató, amikor eltérő kategóriába tartozó embereket vagy beavatkozásokat hasonlítunk össze azzal a céllal, hogy megvizsgáljuk a korai szenzoros feldolgozásban tapasztalható eltéréseket. Az igazán érdekes kérdések ezután következnek, hogy ezen protokoll segítségével feltérképezzük, hogy a különböző csoportok esetében, milyen tényezőkkel lehet befolyást gyakorolni az integrációra.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani témavezetőmnek, Dr. Csifcsák Gábornak a sok segítségért, aki amellett, hogy lehetővé tette a munkámat, sok idejét rááldozta a felmerülő kérdések megvitatására és megbocsátó tudott lenni, amikor zöldfülű botladozásaimat látta.

Szintén köszönettel tartozok Dr. Sáry Gyula csoportjának, akik megismertették velem a fission, valamint Dr. Kincses Tamás csoportjának, akik inspirálólag hatották rám.

Felhasznált irodalom

- Andersen, T. S., Tiippana, K. és Sams, M. (2004). Factors influencing audiovisual fission and fusion illusions, *21*, 301–308. doi:10.1016/j.cogbrainres.2004.06.004
- Bhattacharya, J., Shams, C. A. L. és Shimojo, S. (2002). Sound-induced illusory flash perception : role of gamma band responses, *NeuroReport*, *13*(14), 14–17.
- Benevento, L. a, Fallon, J., Davis, B. J. és Rezak, M. (1977). Auditory--visual interaction in single cells in the cortex of the superior temporal sulcus and the orbital frontal cortex of the macaque monkey. *Experimental Neurology*, *57*(3), 849–72.
- Bolognini, N., Rossetti, A., Casati, C., Mancini, F. és Vallar, G. (2011). Neuropsychologia Neuromodulation of multisensory perception : A tDCS study of the sound-induced flash illusion. *Neuropsychologia*, *49*(2), 231–237. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.11.015
- Bor, D., Rothen, N., Schwartzman, D. J., Clayton, S. és Seth, A. K. (2014). Adults Can Be Trained to Acquire Synesthetic Experiences. *Scientific Reports*, *4*, 7089. doi:10.1038/srep07089
- Cappe, C., Morel, A., Barone, P. és Rouiller, E. M. (2009). The thalamocortical projection systems in primate: an anatomical support for multisensory and sensorimotor interplay. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *19*(9), 2025–37. doi:10.1093/cercor/bhn228
- Cappe C, Rouiller E. és Barone P. (2012) Cortical and Thalamic Pathways for Multisensory and Sensorimotor Interplay. In: Murray MM, Wallace MT, editors. The Neural Bases of Multisensory Processes. Boca Raton (FL): CRC Press; 2012. Chapter 2. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92866/>

- Chavis, D. és Pandya, D. N. (1976). Further observations on corticofrontal pathways in the rhesus monkey. *Brain Research*, 117, 369-386
- Chen, L. és Vroomen, J. (2013). Intersensory binding across space and time: a tutorial review. *Attention, Perception & Psychophysics*, 75(5), 790–811. doi:10.3758/s13414-013-0475-4
- Chen, Y., Norton, D. és Stromeyer, C. (2014). Prolonged temporal interaction for peripheral visual processing in schizophrenia: evidence from a three-flash illusion. *Schizophrenia Research*, 156(2-3), 190–6. doi:10.1016/j.schres.2014.04.018
- Desimone R és Gross C.G. (1979). Visual areas in the temporal cortex of the macaque. *Brain Research.*, 178:363–80.
- Driver, J. és Noesselt, T. (2008). Multisensory Interplay Reveals Crossmodal Influences on 'Sensory-Specific' Brain Regions, Neural Responses, and Judgments. *Neuron*, 57 (1), 11-23. doi: 10.1016/j.neuron.2007.12.013
- Engel, A. K. és Singer, W. (2001). Temporal binding and the neural correlates of sensory awareness, 5(1), 10749–10753.
- Erp, J. B. F. Van, Philippi, T. G., Winkel, K. N. De és Werkhoven, P. (2014). Neuroscience Letters Pre- and post-stimulus EEG patterns associated with the touch-induced illusory flash. *Neuroscience Letters*, 562, 79–84. doi:10.1016/j.neulet.2014.01.010
- Falchier, A., Schroeder, C. E., Hackett, T. A., Lakatos, P., Nascimento-Silva, S. és Ulbert, I., Smiley, J. F. (2010). Projection from visual areas V2 and prostriata to caudal auditory cortex in the monkey. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 20(7), 1529–38. doi:10.1093/cercor/bhp213
- Frassinetti, F., Bolognini, N. és Ládavas, E. (2002). Enhancement of visual perception by crossmodal visuo-auditory interaction. *Experimental Brain Research*, 147(3), 332–43. doi:10.1007/s00221-002-1262-y
- Gebhard, J. W. és Mowbray, G. H. (1959). On discriminating the rate of visual flicker and auditory flutter. *The American Journal of Psychology*, 72, 521–529.
- Jiang, W., Jiang, H. és Stein, B. E. (2001). Two cortical areas mediate multisensory integration in superior colliculus neurons. *Orientation Behavior*, 1240–1255.
- Jiang, W., Jiang, H., Rowland, B. A. és Stein, B. E. (2007). Multisensory orientation behavior is disrupted by neonatal cortical ablation. *Journal of Neurophysiology*, 97, 557–562. doi:10.1152/jn.00591.2006

- Kamke, M. R., Vieth, H. E., Cottrell, D. és Mattingley, J. B. (2012). NeuroImage Parietal disruption alters audiovisual binding in the sound-induced flash illusion. *NeuroImage*, 62(3), 1334–1341. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.05.063
- Kanai, R., & Rees, G. (2011). The structural basis of inter-individual differences in human behaviour and cognition, 12(April), 231–242. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/nrn3000>
- Kayser, C. és Logothetis, N. K. (2007). Do early sensory cortices integrate cross-modal information? *Brain Structure & Function*, 212(2), 121–32. doi:10.1007/s00429-007-0154-0
- Lakatos, P., Chen, C., Connell, M. N. O., Mills, A. és Schroeder, C. E. (2007). Article Neuronal Oscillations and Multisensory Interaction in Primary Auditory Cortex, 279–292. doi:10.1016/j.neuron.2006.12.011
- Lopez-Calderon, J. és Luck, S. J. (2014). ERPLAB: An open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:213. doi: 10.3389/fnhum.2014.00213
- Lovelace, C. T., Stein, B. E. és Wallace, M. T. (2003). An irrelevant light enhances auditory detection in humans: a psychophysical analysis of multisensory integration in stimulus detection. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 17(2), 447–53. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12880914>
- Magnée, M. J. C. M., Oranje, B., van Engeland, H., Kahn, R. S., & Kemner, C. (2009). Cross-sensory gating in schizophrenia and autism spectrum disorder: EEG evidence for impaired brain connectivity? *Neuropsychologia*, 47(7), 1728–32. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.02.012
- McDonald, J. J., Teder-Sälejärvi, W. és Hillyard, S. (2000). Involuntary orienting to sound improves visual perception. *Nature*, 407(6806), 906–8. doi:10.1038/35038085
- McGovern, D. P., Roudaia, E., Stapleton, J., McGinnity, T. M. és Newell, F. N. (2014). The sound-induced flash illusion reveals dissociable age-related effects in multisensory integration. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6(September), 250. doi:10.3389/fnagi.2014.00250
- Meredith, M. A., Nemitz, J. W. és Stein, B. E. (1987). Determinants of multisensory integration in superior colliculus neurons. I. Temporal factors. *The Journal of Neuroscience*, 7, 3215–3229.

- Mishra, J., Martinez, A. és Hillyard, S. A. (2013). Audition influences color processing in the sound-induced visual flash illusion. *Vision Research*, 93, 74–79. doi:10.1016/j.visres.2013.10.013
- Mishra, J., Martínez, A. és Hillyard, S. (2009). Effect of Attention on Early Cortical Processes Associated with the Sound-induced Extra Flash Illusion. *Journal of Cognitive Neuroscience* pp. 1-16
- Mishra, J., Martinez, A., Sejnowski, T. J. és Hillyard, S. A. (2007). Early Cross-Modal Interactions in Auditory and Visual Cortex Underlie a Sound-Induced Visual Illusion, 27(15), 4120–4131. doi:10.1523/JNEUROSCIENCE.4912-06.2007
- Neufeld, J., Sinke, C., Zedler, M., Emrich, H. M. és Szycik, G. R. (2012). Reduced audio – visual integration in synaesthetes indicated by the double-flash illusion. *Brain Research*, 1473, 78–86. doi:10.1016/j.brainres.2012.07.011
- Norton, D., Ongur, D., Stromeier, C. és Chen, Y. (2008). Altered “ three-flash ” illusion in response to two light pulses in schizophrenia, 103, 275–282. doi:10.1016/j.schres.2008.03.002
- Roseboom, W. és Kawabe, T. (2013). depends on featural similarity between, 1–5. doi:10.1038/srep03437
- Rouiller, E. M. és Welker, E. (2001). REVIEW ARTICLE A comparative analysis of the morphology of corticothalamic projections in mammals, 53(6), 727–741.
- Setti, A. és Chan, J. S. (2011). Neuroscience Letters Familiarity of objects affects susceptibility to the sound-induced flash illusion. *Neuroscience Letters*, 492(1), 19–22. doi:10.1016/j.neulet.2011.01.042
- Shams, L. (2010). Multimodal interactions: Visual-auditory. In E. Goldstein (Ed.), *Encyclopedia of perception*. (pp. 596-598). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. doi: <http://dx.doi.org/10.4135/9781412972000.n196>
- Shams, L., Kamitani, Y. és Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound, *Cognitive Brain Research*, 14, 147–152.
- Shams, L., Kamitani, C. A. Y., Thompson, S. és Shimojo, S. (2001). Sound alters visual evoked potentials in humans, 12(17), 3849–3852.
- Stein, B. E. és Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews. Neuroscience*, 9(4), 255–66. doi:10.1038/nrn2331

- Wallace, M. T., Carriere, B. N., Perrault, T. J., Vaughan, J. W. és Stein, B. E. (2006). The development of cortical multisensory integration. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 26, 11844–11849. doi:10.1523/JNEUROSCI.3295-06.2006
- Watkins, S., Shams, L., Josephs, O. és Rees, G. (2007). Activity in human V1 follows multisensory perception, 37, 572–578. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.05.027
- Watkins, S., Shams, L., Tanaka, S., Haynes, J. és Rees, G. (2006). Sound alters activity in human V1 in association with illusory visual perception. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.01.016

Mellékletek

1. melléklet

Tájékoztató

- Jelen vizsgálat az emberi látás illetve multiszenzoros (több érzékszerv közreműködésével létrejövő) ingerfeldolgozás jobb megértését kívánja szolgálni.
- A vizsgálat várhatóan legfeljebb 3 órát vesz igénybe.
- A vizsgálat során a résztvevő feladata, hogy gombnyomással válaszoljon a felvillanó vizuális ingerekre, miközben hangokat is hallhat. A vizuális ingerek sötét háttéren felvillanó fehér körök. A hangok rövid időtartamú 3500 Hz-es ingerek.
- A mérés időtartama alatt az egyetlen fényforrás a számítógép képernyője.
- A vizsgálat során az agyi aktivitást elektroenkefalográffal (EEG) regisztráljuk. Ez egy világszerte elterjedt, fájdalomtalan és mellékhatások nélküli eljárás, amely segítségével az idegsejtek működése során keletkező elektromos impulzusokat rögzítjük. A vizsgálat során egy speciális zselé kerül a résztvevők hajára. Ennek alkalmazása biztonságos; a zselé lemosásához törölközőt, hajsampont és hajszárítót biztosítunk.
- A résztvevőnek joga van a vizsgálat megszakítására bármely időpillanatban. Ilyen esetekben a róla addig gyűjtött adatokat megsemmisítjük, azok nem kerülnek felhasználásra.
- A vizsgálatban való részvételért 1500 ft juttatást ajánlunk fel.

Tájékoztatjuk, hogy adatait név nélkül, bizalmasan kezeljük, a kísérletvezetőkön kívül más tudomására nem kerülnek. A vizsgálat eredményeit minden esetben név nélkül, a teljes vizsgálati csoport eredményeit összegezve tesszük közzé (szakdolgozatban, esetleg tudományos konferencián vagy szaklapban).

2. melléklet

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Bölcsészettudományi Kar
Pszichológiai Intézet
6722 SZEGED, Egyetem u. 2.

Tel.: (62) 544-509
Fax: (62) 544-509



UNIVERSITY OF SZEGED
Faculty of Arts
Institute of Psychology
Egyetem u. 2., 6722 SZEGED, HUNGARY

Phone: +36 62 544-509
Fax: +36 62 544-509

Beleegyező nyilatkozat

Tudomásul vettem a tájékoztatóban leírt tudnivalókat, a vizsgálatban részt kívánok venni.

Tudomásul veszem, hogy jogomban áll a vizsgálat megszakítására bármely időpillanatban. Ilyen esetekben a róla addig gyűjtött adatokat megsemmisítjük, azok nem kerülnek felhasználásra.

A vizsgálatvezetők adataimat név nélkül, bizalmasan kezelik, a kísérletvezetőkön kívül más tudomására nem kerülnek. A vizsgálat eredményeit minden esetben név nélkül, a teljes vizsgálati csoport eredményeit összegezve teszik közzé (szakdolgozatban, esetleg tudományos konferencián vagy szaklapban).

Tudomásul veszem, hogy a vizsgálati adatok kutatási és nem diagnosztikai célokat szolgálnak, ilyen jellegű szakvéleményre a vizsgálatok elvégzését követően igényt nem támasztok.

Hely és dátum

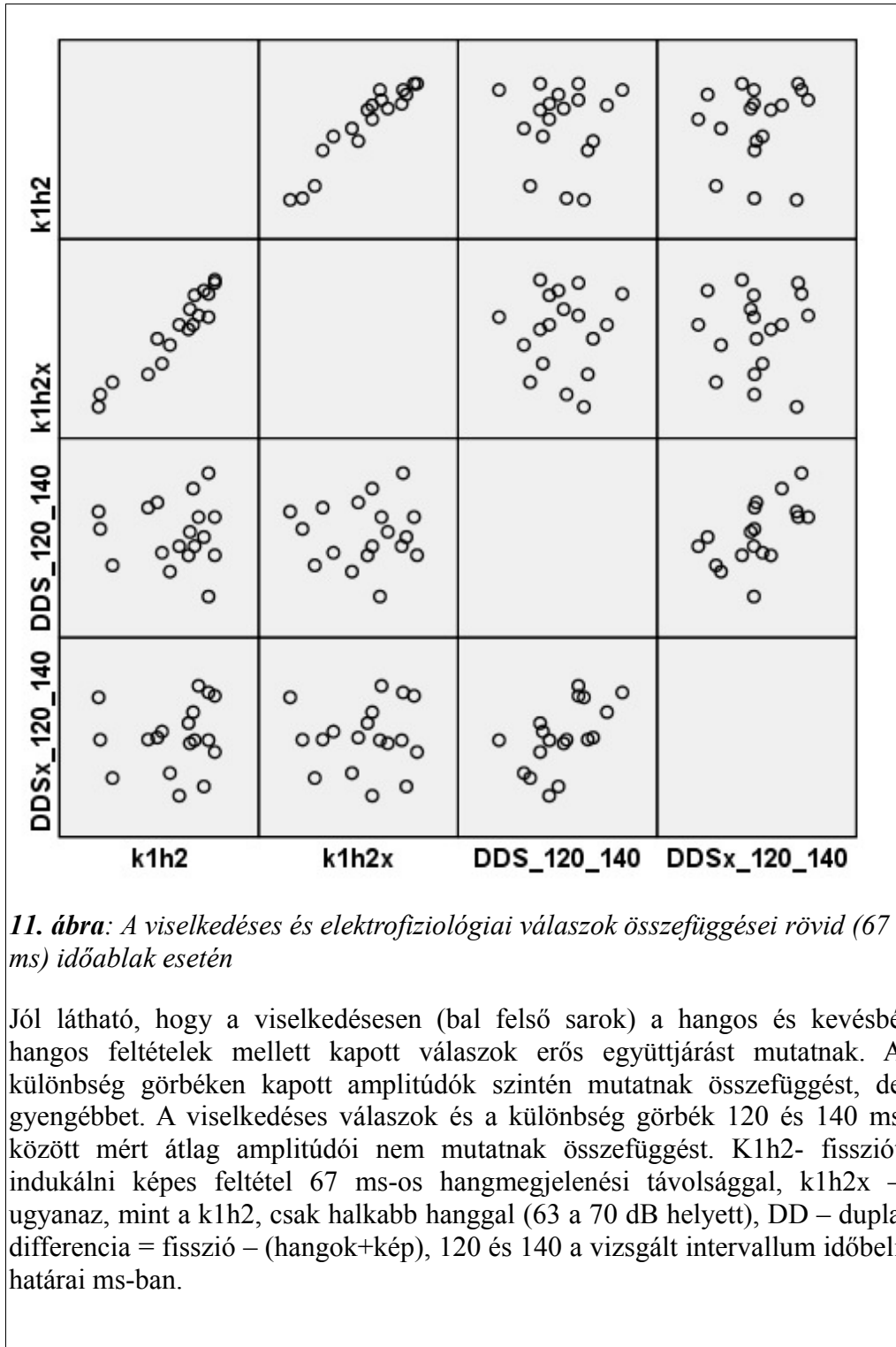
Név nyomtatott betűkkel

Kísérletvezető

Aláírás

3. melléklet

A, A rövid (hangok közti távolság 67 ms) feltétel



B, A hosszú (hangok közti távolság 133 ms) feltétel

