

# Interferencia zrakovaj a sluchovej pozornosti pri dichotickej stimulácii

Marián Špajdel (1, 2), Zdenko Kohút (3), Barbora Cimrová (1, 3), Stanislav Budáč (1), Veronika Roháriková (1), Igor Riečanský (1, 4)

(1) Laboratórium kognitívnej neurovedy, Ústav normálnej a patologickej fyziológie SAV, Sienkiewiczova 1, 813 71 Bratislava

(2) Katedra psychológie, Fakulta filozofie a umení, Trnavská univerzita, Hornopotočná 23, 918 43 Trnava

(3) Centrum pre kognitívnu vedu, Katedra aplikovanej informatiky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

(4) SCAN Unit, Department of Basic Psychological Reserach and Research Methods, Faculty of Psychology, University of Vienna, Liebiggasse 5, 1010 Vienna, Austria

mšpajdel@gmail.com, zcohut@gmail.com, barbora.cimrova@savba.sk, igor.riecansky@savba.sk

## Abstrakt

V našej štúdií sme skúmali doteraz neobjasnenú interferenciu zamerania priestorovej pozornosti v zrakovaj a sluchovej modalite. Pomocou reflexných sakadických očných pohybov sme sledovali efekt selektívneho zamerania vizuálnej pozornosti na výsledok testu dichotickej stimulácie. Zrakové podnety boli prezentované synchronne, resp. asynchronne s nástupom dichotického podnetu a to vo vzdialenosti 10, resp. 45 stupňov od stredového fixačného bodu.

Naše výsledky ukázali, že v prípade synchronnej prezentácie podnetov sú veľké presuny vizuálnej pozornosti (45 stupňov) sprevádzané selektívnym zameraním sluchovej pozornosti. Pokiaľ bola sluchová pozornosť zameraná výhradne smerom kongruentným so smerom sakády, dochádza k oneskoreniu nástupu sakády a toto oneskorenie je výraznejšie v prípade, ak je (zraková aj sluchová) pozornosť zameraná do pravej strany. Pri asynchronnej prezentácii podnetov sme nepozorovali žiadnu interakciu. Výsledky interpretujeme s ohľadom na funkčnú asymetriu hemisfér.

## 1 Úvod

Pozornosť je fundamentálnou kognitívnou funkciou, súborom kontrolných a výkonných systémov, ktorý umožňuje adaptovať senzorické systémy na rozličné percepčné úlohy vzhľadom k aktuálnym potrebám (Posner, DiGirolamo, 2000). Pozornosť je selektívna, jedinca pomocou tohto súboru kognitívnych dejov flexibilne vyberá, ktoré podnety budú spracované a ktoré nie. Jedná sa teda o súbor procesov, ktoré zabezpečujú kompromis medzi množstvom potenciálne relevantných informácií v prostredí a obmedzenou kognitívnou a percepčnou kapacitou jedinca, za účelom optimalizácie správania. V tejto štúdií sme sa špecificky zamerali na priestorovú selektívnu

pozornosť, a to v dvoch senzorických modalitách - zrakovaj a sluchovej.

Zraková priestorová pozornosť upriamuje percepčné procesy na spracovávanie podnetov pochádzajúcich z konkrétneho miesta alebo oblasti v priestore a je úzko spojená s rýchlymi pohybmi očí skenujúcimi objekt záujmu (sakádami) (Moore, Armstrong, Fallah, 2003). Predchádzajúce štúdie zrakovaj priestorovej pozornosti ukázali, že zameranie priestorovej pozornosti zlepšuje presnosť a rýchlosť reakcií na cieľové podnety, ktoré sa nachádzajú v priestore, zvyšuje teda senzitivitu a taktiež redukuje interferenciu s distraktormi (Mangun, Hillyard, 1995).

V našej štúdií sme ako metódu pre zrakovú modalitu použili reflexné (exogénne) sakády. Ide o "skokovité" rýchle simultánne pohyby oboch očí za účelom opakovanej fixácie podnetu vyvolané jeho zdanlivým pohybom (zobrazením podnetu na periférii zorného pola pri súčasnom zmiznutí pôvodne fixovaného).

Sluchovú modalitu sme testovali použitím dichotickej stimulácie. Pri dichotickej stimulácii sa od vyšetrovaných osôb vyžaduje, aby počúvali naraz dva odlišné podnety, pričom jeden sa podáva do praveho ucha a druhý do ľavého ucha. Vo všeobecnosti pri použití verbálnych podnetov podáva väčšina osôb viac správnych odpovedí na podnety prezentované do praveho ucha (Kimura, 1961) a naopak, pri neverbálnych podnetoch podáva väčšina osôb viac správnych odpovedí na podnety prezentované do ľavého ucha (Kimura, 1967). Mechanizmy na pozadí dichotickej stimulácie sú komplexné, dôležitú úlohu hrá hemisférická špecializácia pre podnety príslušného charakteru (Špajdel, 2009).

Udalosti v prirodzenom prostredí však zvyčajne nie sú obmedzené na jednu modalitu. Mechanizmy multimodálnej pozornosti tak predstavujú významnú otázku v štúdiu pozornosti, čo je aj jedným z dôvodov, prečo sme náš výskum orientovali týmto smerom. Hlavným testovaným problémom pre nás bola otázka,

či zameranie zrakovej pozornosti facilituje zameranie sluchovej pozornosti, teda či, a akým spôsobom prebieha integrácia informácií z týchto modalít. Zo súčasného stavu poznania jednoznačne nevyplýva, či zameranie priestorovej pozornosti predstavuje jeden univerzálny systém, alebo sa jedná o paralelne fungujúce, ale nezávislé systémy pre jednotlivé sensorické modality. Za účelom objasnenia tohto problému sme použili rozličné časové a priestorové parametre. Predpokladali sme, že pokiaľ sa jedná o jeden univerzálny systém, zameranie priestorovej pozornosti v jednej modalite bude facilitovať zameranie pozornosti v ďalšej modalite na rovnaké (kongruentné) miesto v priestore/rovnakým smerom, čo sa prejaví zvýšeným výskytom správnych odpovedí tohto smeru pri teste dichotickej stimulácie. V zmysle opakovane pozorovanej preferencie praveho ucha, sme tiež očakávali vyšší výskyt odpovedí na pravej strane, bez ohľadu na zameranie priestorovej pozornosti. Okrem behaviorálneho testovania sme aplikovali aj elektrookulografické meranie, za účelom kontroly správneho zamerania a vizuálnej pozornosti, ale najmä za účelom sledovania špecifického vplyvu rozličných podmienok na okulomotorickú reakciu.

## 2 Metódy

### 2.1 Participanti

Štúdie sa zúčastnilo 60 participantov, pregraduálnych študentov vysokej školy vo veku 18-29 rokov ( $M = 21,8$ ). Všetci participanti uviedli preferenciu pravej ruky. Do výskumného výberu neboli zaradené osoby, ktoré dosiahli v audiometrickom vyšetrení rozdiel v citlivosti ľavého a praveho ucha na frekvencie 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz a/alebo 2 kHz väčší než 10 dB.

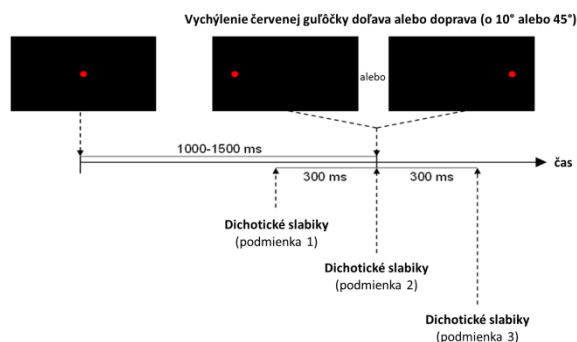
### 2.2 Sluchová a zraková stimulácia

Horizontálne, vizuálne navádzané sakády boli vykonávané počas testu dichotického počúvania. Zrakové podnety boli prezentované náhodne na pravej alebo ľavej strane od stredového fixačného bodu. Veľkosť kroku, teda vzdialenosť podnetu od fixačného bodu, bola 10 stupňov pre jednu skupinu ( $n = 34$ ) a 45 stupňov pre druhú skupinu ( $n = 26$ ).

Páry slabík boli prezentované simultánne do praveho a ľavého ucha (použité boli tieto typy slabík: 'BA', 'DA', 'GA', 'TA', 'PA' a 'KA'). V zmysle princípu metódy dichotickej stimulácie, nikdy neboli prezentované rovnaké slabiky do oboch uší.

Tri experimentálne podmienky boli testované v oddelených blokoch. V prvej, asynchrónnej podmienke, nástup sluchových podnetov predchádzal zrakovú stimuláciu o 300 ms. V druhej, synchrónnej podmienke boli sluchové a zrakové podnety prezentované simultánne. V tretej, opäť asynchrónnej

podmienke, sluchové podnety nasledovali zrakový podnet s oneskorením 300 ms. Schéma priebehu experimentu je vizualizovaná na obrázku 1.



Obr. 1: Schéma priebehu experimentu

### 2.3 Zber dát

Participanti boli usadení do pohodlného kresla v zvukovo izolovanej miestnosti s kontrolovaným osvetlením. Pred nimi sa vo výške očí a v presne určenej vzdialenosti nachádzala obrazovka, na ktorej boli podnety prezentované. Vzdialenosť hlavy od obrazovky bola nastavená tak, aby amplitúda sakád bola presne 10 (resp. 45) stupňov od stredového fixačného bodu. Participanti boli inštruovaní zamerať svoj pohľad na stredový fixačný bod a presunúť ho čo najrychlejšie a najpresnejšie na periférne prezentovaný zrakový podnet po jeho zobrazení.

Ako bolo opísané vyššie, počas zrakovej úlohy boli participantom zároveň prezentované verbálne zvukové podnety - slabiky a to buď synchrónne alebo asynchrónne so zobrazením vizuálneho podnetu. Úlohou participantov bolo po každej vykonanej sakáde určiť, ktoré slabiky im boli prezentované. Verbálne odpovede participantov boli zaznamenávané. Na odpoveď nebol stanovený časový limit (prezentácia ďalších podnetov teda nasledovala až po zaznamenaní ich odpovede). Očné pohyby boli nahrávané pomocou elektrookulografu (EOG).

### 2.4 Spracovanie elektrookulografických dát

Elektrookulografické dáta boli automaticky prekontrolované (modul ILAB v programe Matlab) z hľadiska správneho smeru sakády. Následne boli manuálne odstránené periódy s nesprávnym smerom sakády, s výskytom žmurknutia, a latenciou nástupu sakády dlhšou ako 450 ms. Faktory ako latencia (nástup) sakády boli pre korektné sakády automaticky vyexportované do tabuľkového editora.

### 3 Výsledky

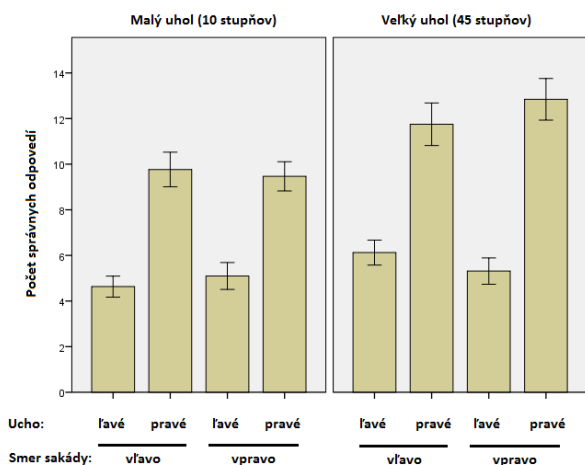
#### 3.1 Výkon pri dichotickej stimulácii

Porovnávali sme rozdiely vo výkone pri dichotickom počúvaní počas vynútených sakádo ľava a do prava. Pre každú experimentálnu podmienku bola vypočítaná ANOVA pre opakované merania s vnútrosubjektovými faktormi Ucho (správne odpovede z pravého vs. ľavého ucha) a Smer sakády (sakáda doprava vs. doľava) a medzisubjektovým faktorom Veľkosť kroku (10 stupňov vs. 45 stupňov).

Podmienka	Faktor	F(1,60)	p
1	Ucho	92,97	< 0,001
2	Ucho	75,65	< 0,001
2	Ucho x Smer x Veľkosť kroku	9,53	0,003
3	Ucho	63,82	< 0,001

**Tab. 1:** Signifikantné efekty pri dichotickom počúvaní (ANOVA)

Faktor Ucho bol signifikantný vo všetkých experimentálnych podmienkach (Tab. 1). Pozorovali sme preferenciu pravého ucha (participanti správne identifikovali slabiky prezentované do pravého ucha častejšie než slabiky prezentované do ľavého ucha).



**Obr. 2:** Priemerný výkon pri dichotickom počúvaní pri synchronnej prezentácii zrkovného podnetu

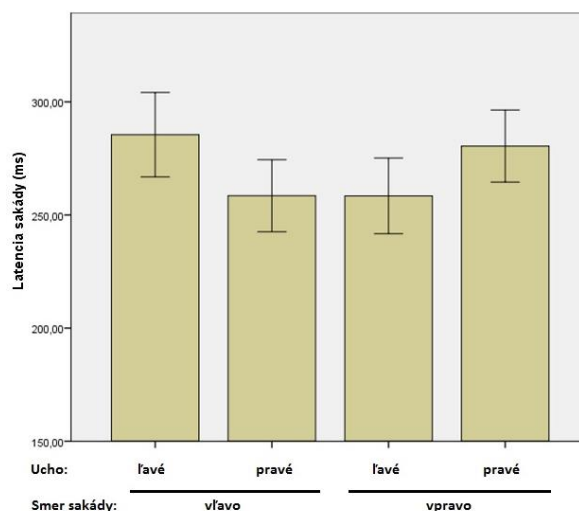
Ďalej sme pozorovali signifikantnú interakciu troch faktorov Ucho, Smer a Veľkosť kroku v synchronnej

podmienke ( $F(1,59)=9,535$ ;  $p=0,003$ ). V prípade sakád s veľkou amplitúdou (45 stupňov), množstvo správnych odpovedí z ľavého ucha sa zvýšilo pri ľavostranných sakádach, a podobne množstvo správnych odpovedí z pravého ucha sa zvýšilo pri pravostranných sakádach. Tento efekt nebol pozorovaný v prípade sakád s malou amplitúdou 10 stupňov (viď Obr. 2).

#### 3.2 Elektrookulografické dáta

Na základe výsledkov dichotického počúvania sme sa rozhodli ďalej analyzovať iba sakády v synchronnej podmienke a pri veľkej amplitúde sakády (45 stupňov). Taktiež sme analyzovali sakády iba v tých prípadoch, kedy participanti uviedli ako odpoveď práve jednu správnu slabiku (buď z ľavého alebo pravého ucha), čo nám umožnilo presnejšie pozorovať interakciu zamerania sluchovej a zrakovovej modalit.

Zamerali sme sa na analýzu latencie nástupu sakády (= času od prezentácie periférneho zrkovného podnetu). Použili sme metódu ANOVA pre opakované merania s vnútrosubjektovými faktormi Ucho (správna odpoveď bola z pravého vs. z ľavého ucha) a Smer sakády (sakáda doprava vs. doľava). Ako signifikantná sa ukázala interakcia faktorov Ucho a Smer sakády ( $F(1,25)=4,45$ ;  $p=0,05$ ): v prípadoch, kedy smer sakády bol kongruentný so smerom zamerania sluchovej pozornosti, sme pozorovali neskorší nástup sakády (ľavé ucho/sakáda vľavo  $M = 255$  ms; pravé ucho/sakáda vpravo  $M = 276$  ms), ako v prípadoch, kedy smer sakády a smer zamerania sluchovej pozornosti boli nekongruentné (ľavé ucho/sakáda vpravo  $M = 237$  ms; pravé ucho/sakáda vľavo  $M = 235$  ms). Výsledky sú vizualizované na obrázku 3.



**Obr. 3:** Priemerná latencia nástupu sakády v synchronnej podmienke

## 4 Diskusia

Výsledok testu dichotickej stimulácie (väčší počet odpovedí z pravého ucha) je odrazom funkčnej špecializácie mozgových hemisfér (Hugdahl, 2000). Ľavá hemisféra býva (čo sa týka spracovania zvukových podnetov) opisovaná ako hemisféra s výrazne vyššou vzorkovacoufrekvenciou, v porovnaní s pravou hemisférou a teda ako facilitujúca diskrimináciu zvukov s vyššou temporálnou zmenou, aká je potrebná napríklad aj pre spracovanie reči (Hickock, 2009) a tým pádom samozrejme aj slabík (napr. Blumen, 1970 in Springer, 1986). Špecificky je pre nás zaujímavá asymetria oblasti planum temporale, asociačnej auditórnej oblasti, alokovanej posteriórne ku Heschlovmu závitú. Táto oblasť, ktorá je z anatomického hľadiska jednou z najviac asymetrických v ľudskom mozgu (napr. Chance et al., 2006) je bežne považovaná za oblasť zodpovednú za (nielen) diskrimináciu slabík, čo bolo potvrdené zobrazovacími štúdiami (Sætrevik a Specht, 2012). V súčasnosti už silná báza poznatkov o hemisférickej špecializácii zvukovej kognície tak pomerne priamočiaro vysvetľuje, prečo sme v každej podmienke pozorovali väčšie množstvo odpovedí z pravého ucha ako z ľavého. Naše zistenia sú totožné s predchádzajúcimi výskumami, kde pri dichotických položkách s nevýznamovými slabikami sa ukazovala preferencia pravého ucha (napr. Hugdahl 2000, Hugdahl a Davidson 2004; Špajdel, Jariabková, Riečanský, 2007; Špajdel, Jariabková, 2008).

V súlade s očakávaniami sme pozorovali interakciu zrakovej a sluchovej pozornosti, no na rozdiel od našich predpokladov, tento efekt sme pozorovali iba v synchronnej podmienke a iba pri veľkej amplitúde sakád. Konkrétne sme pozorovali interakciu presunu zrakovej a sluchovej pozornosti: pokiaľ sakáda smerovala jedným smerom, väčšie množstvo odpovedí z dichotického počúvania bolo pozorovaných v smere ipsilaterálnom ku smeru sakády.

Na otázku, prečo sme pozorovali interakciu zamerania zrakovej pozornosti (sakády) a sluchovej pozornosti iba v synchronnej podmienke, môžeme v súčasnosti odpovedať iba špekulatívne. Je možné, že simultánne sa vyskytujúce podnety z roznakého miesta v priestore a viacerých modalít jedincovia priori indikujú, že sa jedná o prejavy jedného javu (toto tvrdenie vychádza z predpokladu, že kvantita podnetov je jedným z určujúcich znakov zamerania pozornosti). Na druhej strane, pokiaľ sa tieto podnety vyskytujú asynchronne, agent nemá ako rozlíšiť, či sa jedná alebo nejedná o prejav jedného javu, pokiaľ neprebehol proces učenia, ktorý by mu umožnil považovať tieto dva javy za kauzálne spojené (ako napríklad klasické podmieňovanie). V našom experimente ku podmieňovaniu dôjsť nemohlo, nakoľko zraková pozornosť bola presúvaná náhodne na pravú alebo ľavú stranu.

Je tiež možné, že pri 300 ms asynchrónii zrakových a sluchových podnetov ide už otak veľký rozdiel, že spracovanie podnetovstihne prebehnúť postupne - najskôr v jednej modalite a potom u druhej (Kawai, 2008).

Prekvapivé výsledky sme pozorovali pri interakcii oneskorenia nástupu sakády s jednostranným zameraním sluchovej pozornosti (teda s prípadmi, kedy participanti správne uviedli práve jednu z dvoch prezentovaných slabík). Na základe vyššie prezentovaných výsledkov sme tieto dáta analyzovali iba v synchronnej podmienke a pri veľkej amplitúde (45 stupňov). Pozorovali sme, že v prípadoch, kedy sú zraková aj sluchová pozornosť zamerané rovnakým smerom, dochádza k oneskorenému nástupu sakády oproti prípadom, kedy je smerovanie zrakovej a sluchovej pozornosti orientované smerom navzájom kontralaterálnym. Pozorovaný jav má teda znaky interferencie. Aby sme túto interferenciu aspoň čiastočne vysvetlili, musíme zohľadniť okrem hemisférickej špecializácie aj primárnu hemisférickú aktiváciu, teda aktiváciu v hemisfére, ktorá na základe lateralizovanej prezentácie podnetu dostáva informáciu z prostredia ako prvá, bez ohľadu na funkčnú špecializáciu. Pri zvukových stimuloch je táto primárna hemisférická aktivácia zjavná - informácia z pravého ucha aktivovala primárne ľavú hemisféru a vice versa (pre ľavé ucho ide primárne o pravú hemisféru). Tento jav je štandardný a popisovali sme ho už vyššie pri vysvetľovaní nameranej preferencie pravého ucha. Funkčne totožný jav môžeme pozorovať aj pri zrakovej stimulácii – primárna zraková kôra v konkrétnej hemisfére je primárne inervovaná signálom z ipsilaterálnej polovice sietnic oboch očí (teda napríklad pravá strana sietnice primárne aktivuje primárnu zrakovú kôru v pravej hemisfére) a teda vo vzťahu ku zrakovým podnetom je primárna hemisférická aktivácia kontralaterálna (ľavá polovica zorného poľa sa projikuje na pravú polovicu sietnice oboch očí). Predpokladáme, že efekt kontralaterálneho vzťahu zrakových vstupov a primárnej hemisférickej aktivácie sme v našom experimente pozorovali, a to v podmienke s veľkou amplitúdou posunu zrakového podnetu. Na základe týchto predpokladov môžeme zmysluplne vysvetliť pozorovanú interferenciu. Porovnaním výsledkov z dichotickej stimulácie v synchronnej podmienke a pri veľkom uhle (obr. 2) a latencie sakád v tej istej podmienke (obr. 3) môžeme tvrdiť, že pokiaľ sme pozorovali totožnú primárnu hemisférickú aktiváciu pri oboch typoch vstupov, dochádzalo k interferencii. Z hľadiska pozornosti a rýchlosti reakcie to znamená, že pokiaľ zrakový podnet facilitoval spracovanie zvukového stimulu na totožnej strane, pozorovali sme oneskorenie sakády. V rámci tejto interferencie, sme pozorovali ďalší kontraintuitívny rozdiel medzi hemisférami - pokiaľ bola pozornosť zameraná na oba pravostranné podnety, oneskorenie nástupu sakády bolo väčšie ako v opačnom prípade. Predpokladáme, že v prípadoch, keď bola pozornosť

zameraná na ľavostranné podnety a teda príslušné oblasti boli primárne aktivované v pravej hemisfére, auditórna kôra v ľavom posteriornom superiornom temporálnom laloku, ktorá je funkčne špecializovaná na zvukové podnety prezentovaného druhu (napríklad spomínané *planum temporale*), dokázala z časti kompenzovať efekt interferencie. Toto tvrdenie zakladáme nielen na báze funkčnej špecializácie týchto oblastí mozgu, ale aj na fakte, že reakčný čas pri podnetoch prezentovaných do pravého ucha je kratší, ako pri prezentácii do ľavého ucha (Špajdel, 2009). Interferenciu sme nepozorovali v prípadoch, kedy boli primárne aktivované kontralaterálne hemisféry.

O tom, aká je presná fyziologická podstata tejto interferencie, môžeme iba hypotetizovať. Na základe získaných dát je možné tvrdiť, že pokiaľ podnety vyvolajú ipsilaterálnu primárnu hemisférickú aktiváciu, dochádza ku kompromisnej alokácii kognitívnych zdrojov. Možnú príčinu pozorovaného javu oneskorenia sakády pri bimodálnej interferencii pozornosti, teda prednostného spracovania sluchového podnetu pred zrakovým, môžeme hľadať aj na subkortikálnej úrovni. *Colliculus superioris* je známa párová súčasť auditórnej dráhy, ktorá je však aktivovaná aj pri zrakovej stimulácii. Prenos zvukového signálu zo sluchových receptorov do *colliculi superiorestrvá* približne 13 ms, zatiaľ čo zo zrakových receptorov tento prenos trvá až približne 80 ms (Stein a Meredith, 1993) a teda zvukový signál môže byť na tejto báze preferovaný. Alternatívne tiež môžeme uvažovať o funkčnej príčine tejto alokácie pozornostných zdrojov. Keďže zrakový podnet sa v čase nástupu jeho prezentácie nachádza na mimo žltej škvrny (*fovea*) - oblasti sietnice s najvyšším množstvom receptorov a teda najvyšším priestorovým rozlíšením, agent môže uprednostniť zvukovú informáciu, ktorá je v situáciách ako je náš experiment prezentovaná bez prítomnosti nejednoznačnosti priestorového rozlíšenia.

Dôležitým pozorovaním nášho výskumu je, že pokiaľ sú sluchové a zrakové, simultánne prezentované podnety primárne spracovávané v tej istej mozgovej hemisfére, dochádza ku ich interakcii a teda facilitácii zamerania sluchovej pozornosti vplyvom zrakového podnetu. Ako už môže byť čitateľovi zrejmé z vyššieho uvedeného, dôvodom, prečo sme spomínané efekty pozorovali pri presune zrakovej pozornosti s veľkou amplitúdou, ale nie pri sakádach s malou amplitúdou, je ten, že pri malej amplitúde zrejme nedochádzalo ku primárnej hemisférickej aktivácii. Vizuálny podnet nebol v tomto prípade od stredového fixačného bodu dislokovaný dostatočne na to, aby selektívne aktivoval receptory iba na jednej polovici sietnice.

## 5 Záver

Hlavným zistením našej práce je, že aj keď zameranie priestorovej zrakovej pozornosti dokáže facilitovať

zameranie sluchovej pozornosti, tento jav je sprevádzaný oneskorením okulomotorickej reakcie. Na základne našich dát sa tiež zdá, že tieto javy nastávajú v prípade, keď oba druhy stimulov primárne aktivujú tú istú a iba tú istú hemisféru. Tento jav sme vysvetlili s ohľadom na funkčnú hemisférickú asymetriu, predovšetkým s ohľadom na oblasť *planum temporale* a *colliculi superiores*. Z behaviorálneho hľadiska sa zdá, že táto interferencia má pre jedinca ekologicky pozitívne dôsledky.

Podľa našich vedomostí, toto je prvá štúdia, ktorá skúmala a odhalila vzťah medzi zameraním priestorovej pozornosti v zrakovej a sluchovej modalite. Vymedzenie presných príčin bude predmetom budúcich štúdií.

## Pod'akovanie

Štúdia vznikla v rámci riešenia projektu VEGA 1/0083/15, 2/0080/13, 2/0093/14.

## Literatúra

- Kawai, N. (2008). Crossmodal spatial attention shift produced by centrally presented gaze cues. *Japanese Psychological Research* 50(2): 100.
- Kimura, D. (1961). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15(3): 166-171.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3(2): 163-168.
- Posner, M. I. a DiGirolamo, G. J. (2000). Attention in cognitive neuroscience: an overview, In: *The New Cognitive Neurosciences* (Ed: M.S. Gazzaniga), MIT Press, str. 623-633.
- Hugdahl, K. (2000). Lateralization of cognitive processes in the brain. *Acta psychologica* 105(2-3): 211-235.
- Hugdahl, K. a Davidson, R. J. (2004). *The asymmetrical brain*. London, The MIT Press.
- Stein, B. E. & Meredith, M. A. (1993). *The Merging of the Senses*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Chance, S. A., Casanova, M. F., Switala, A. E. a Crow, T. J. (2006). Minicolumnar structure in Heschl's gyrus and *planum temporale*: asymmetries in relation to sex and callosal fiber number. *Neuroscience* 143(4): 1041-1050.
- Hickock, G. (2009). The functional neuroanatomy of language. *Physic of Life Reviews* 6(3): 121-143.

- Sætrevik, B. a Specht, K. (2012). Cognitive conflict in a syllable identification task causes transient activation of speech perception area. *Brain and Cognition* 78(3): 200-205.
- Moore, T., Armstrong, K. M. a Fallah, M. (2003). Visuomotor origins of covert spatialattention. *Neuron*, 40(4): 671-683.
- Mangun, G. R. a Hillyard, S. A. (1995). Mechanisms and models of selective attention. In M. D. Rugg and M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of Mind: Event-related Potentials and Cognition*. Oxford University Press, str. 40-78.
- Springer, S. P. (1986). Dichotic listening. In H. J. Hannay (Ed.), *Experimental techniques in human neuropsychology*. New York: Oxford University Press, str. 138-166.
- Špajdel, M. (2009). *Dichotická stimulácia v kontexte neuropsychologického výskumu*. Trnava: Filozofická fakulta Trnavskej Univerzity v Trnave.
- Špajdel, M. a Jariabková, K. (2008). Metodika dichotickej stimulácie: neverbálne a verbálne úlohy. *Československá psychologie*, 52(2): 167-171.
- Špajdel, M., Jariabková, K. a Riečanský, I. (2007). The influence of musical experience on lateralization of auditory processing. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 12 (6): 487-499.