

Acta Psychologica Tyrnaviensia

21

25. výročie Katedry psychológie FF TU
na obnovenej Trnavskej univerzite (1992-2017)

TRNAVA 2017

ACTA PSYCHOLOGICA TYRNAVIENSIA 21

EDITOR

Doc. PhDr. Marián Špajdel, PhD.

VYDAVATEĽ A TLAČ

Spolok Slovákov v Poľsku
v spolupráci s Filozofickou fakultou
Trnavskej univerzity v Trnave

Towarzystwo Słowaków w Polsce
ul. św. Filipa 7, 31-150 Kraków
zg@tsp.org.pl, www.tsp.org.pl

Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave
Hornopotočná 23, 918 43 Trnava
+421 33 5939303
katpsych@truni.sk, fff.truni.sk

© Towarzystwo Słowaków w Polsce, 2017

© Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2017

ISBN 978-83-8111-026-6

Vzťah kognitívnych schopností a funkčnej asymetrie mozgových hemisfér

MARIÁN ŠPAJDEL

Katedra psychológie, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave

Anotácia · Pojem „funkčná asymetria hemisfér“ vyjadruje, že ľavá a pravá mozgová hemisféra sa odlišujú v spôsobe spracovania informácií a vzťahuje na rozdielnu aktiváciu ľavej alebo pravej hemisféry pri spracovaní rôznych podnetov. V príspevku sa zameriavame na metodologické otázky skúmania problematiky funkčnej asymetrie a uvádzame vlastný príspevok k metódam výskumu v tejto oblasti. Podrobne opíšeme naše výskumy interferencie zrakovej a sluchovej pozornosti vo vzťahu k funkčnej asymetrii. Opíšeme vplyv pohlavných hormónov na funkčnú asymetriu hemisfér a poukážeme na rozdielnu funkčnú asymetriu pre verbálne podnety u mužov a žien. Poukážeme na to, že funkčná asymetria hemisfér a s ňou spojené fungovanie psychiky sa vekom mení, pričom zmeny nastávajú nielen v detstve, ale i v období dospelosti. Poukážeme tiež na to, že funkčná asymetria hemisfér sa mení vplyvom hudobnej skúsenosti (čo podľa našich vedomostí doteraz nebolo zohľadňované v psychologickéj teórii) a je preukázateľne odlišná u osôb s poruchami učenia. Na záver predstavíme model cirkulárne kauzálneho pôsobenia neuronálnych mechanizmov na kognitívne procesy a správanie v sociálnom kontexte.

Kľúčové slová · dichotická stimulácia, lateralita, kognitívne funkcie

Pojmy ako „lateralita mozgu“ alebo „asymetria hemisfér“ vyjadrujú, že mozog je anatomicky i funkčne stranovo nesúmerný. Výskum funkčnej asymetrie mozgových hemisfér vo vzťahu ku kognitívnym funkciám v súčasnosti patrí k jednej z hlavných výskumných oblastí Katedry psychológie FF TU. Výskum bol podporený grantami VEGA: VEGA č.1/0083/15: Vzťah kognitívnych schopností a funkčnej asymetrie mozgových hemisfér (roky riešenia: 2015-2017), VEGA č.2/0023/10: Neurokognitívne mechanizmy selektívneho zamerania a udržania pozornosti (roky riešenia: 2011-13). Výsledky nášho bádania v oblasti funkčnej asymetrie hemisfér vo vzťahu ku kognícii sme systematicky a komplexne zhrnuli v dvoch monografiách (Špajdel, 2009, 2016). Dlhodobo spolupracujeme s viacerými inštitúciami, napr. Ústav normálnej a patologickej fyziológie SAV, Ústav výskumu sociálnej komunikácie SAV,

Fyziologický ústav Lekárskej fakulty Univerzity Komenského, Národné rehabilitačné centrum v Kováčovej. Výsledky nášho výskumu dosiahli významný ohlas i v zahraničí (doteraz máme 34 zahraničných ohlasov evidovaných v databázach Web of Science / Scopus).

Zložitý výskum v oblasti funkčnej asymetrie hemisfér a poznatky, z neho plynúce, možno zjednodušene vyjadriť asi takto: Ľavá a pravá mozgová hemisféra sa odlišujú v spôsobe spracovania informácií. U väčšiny pravákov je ľavá hemisféra dominantná pre spracovanie jazyka a reči (v zrakovej i sluchovej modalite). Vyznačuje sa sekvenčným a analytickým spracovaním informácií. Pravá hemisféra je dominantná pre priestorové úlohy (priestorová orientácia, mentálna rotácia tvarov, a pod.), pre spracovanie nerečových zvukov, hudby a prozodických aspektov reči. Pravá hemisféra je viac syntetická a spracováva podnety celostne. Funkčná asymetria hemisfér nehovorí o tom, že jedna hemisféra dokáže spracovať nejaký podnet a druhá nie, ale skôr sa vzťahuje na rozdielnu aktiváciu ľavej alebo pravej hemisféry pri spracovaní daných podnetov. Možno povedať, že existujú rozličné kognitívne stratégie a štýly riešenia úloh, ktoré pri ktorých prevláda buď aktivita ľavej hemisféry alebo pravej hemisféry, čo má veľký vplyv jednak na proces riešenia úlohy ale tiež na výsledok samotný. Príspevok podáva prehľad výsledkov, ktoré sme získali počas systematického empirického bádania v tejto oblasti.

1 Behaviorálne techniky na výskum funkčnej asymetrie mozgových hemisfér

Pri štúdiu povahy lateralizovaného spracovania sluchových a zrakových informácií v mozgu, ako i na štúdium vývinových trendov funkčnej špecializácie hemisfér sa využíva paradigma dichotickej stimulácie a technika zrakových polí, pričom ide o neinvazívne vyšetrovacie metodiky. Keďže predmetom záujmu sú odpovede probanda na prezentované podnety, radia sa tieto techniky k behaviorálnym prostriedkom zisťovania funkčnej asymetrie. Uvedené prístupy k bádaniu perцепčnej laterality a jednotlivé metodiky sú naďalej predmetom aj prostriedkom výskumov v kognitívnej psychológii a neuropsychológii. Ďalšie zdokonaľovanie jednotlivých metodík prispieva k rozširovaniu možností ich uplatnenia a k využitiu skúmania perцепčnej laterality v rozličných oblastiach kognitívnej psychológie a neuropsychológie.

1.1 Technika lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov

Princíp techniky zrakových polí (ang. visual half-field) spočíva v prezentácii zrakových podnetov do pravého alebo ľavého zrakového poľa (viď Špajdel, 2016b). Na Slovensku tieto metodiky uviedol do výskumných aktivít PhDr. Marián Košč. Rozpracoval variant techniky laterálnych limitov s lateralizovanou prezentáciou Ravenových progresívnych matric (Košč, 1987). Pre tachistoskopickú prezentáciu použil na verbálnu stimuláciu slová/neslová, na neverbálnu stimuláciu dvojice geometrických tvarov, kde išlo o diskrimináciu rovnaký/rozličný. Metodika bola podrobnejšie opísaná (Košč, 1995) ako súčasť prezentácie metodologických otázok výskumu laterality. Použili sa vo výskumoch depresie (Košč, Molčan, 1982; 1984) a endogénnych psychóz (Košč, Molčan, 1983).

V nadväznosti na Koščovu metodiku sme vytvorili počítačový variant techniky lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov s tachistoskopickou prezentáciou pracujúci pod operačným systémom Windows, obsahujúci verbálne podnety (významové a nevýznamové slová), geometrické figúry a ľudské tváre (podrobný opis metodiky pozri Špajdel, 2016b). Software umožňuje analýzu správnych odpovedí, meranie reakčných časov a ukladanie všetkých parciálnych výsledkov pre ďalšie analýzy. Táto metodika bola použitá pri výskume vplyvu hladín testosterónu, estradiolu a progesterónu na kognitívne funkcie (Špajdel, Riečanský, Fischerová, Ostatníková, 2008; Mikulková, Špajdel, 2012) a pri sérii viacerých zatiaľ nepublikovaných výskumov, ktorých dáta sú predmetom aktuálne prebiehajúcich analýz.

1.2 Dichotická stimulácia

Paradigma dichotickej stimulácie je široko rozšírená neinvazívna technika, používaná na štúdium povahy lateralizovaného spracovania sluchových informácií mozgom, ako i na štúdium vývojových trendov funkčnej špecializácie hemisfér (viď Špajdel, 2016b).

V doterajšom výskumnom aj praktickom využívaní dichotickej stimulácie prevažujú varianty s rozličnými druhmi verbálnych podnetov, ktoré majú tradíciu aj u nás predovšetkým s uplatnením u detskej populácie. V zahraničí sú celkovo menej početné práce s neverbálnymi podnetmi, pričom na Slovensku alebo v Čechách zatiaľ takého skúsenosti absentovali a neboli dostupné žiadne dichotické metodiky obsahujúce neverbálne podnety. Vytvorili sme preto pôvodnú metodiku dichotickej stimulácie (Špajdel, Jariabková, 2008), ktorá je zložená z dvoch úloh obsahujúcich neverbálne

podnety (environmentálne zvuky a sekvencie tónov) a z dvoch úloh s verbálnymi podnetmi (nevýznamové slabiky a zmysluplné slovenské slová). Zahrnutie rozličných neverbálnych aj verbálnych úloh umožňuje porovnanie a konfrontáciu výsledkov z hľadiska charakteru a významu jednotlivých druhov podnetov. Poskytuje tak možnosť komplexnejšej interpretácie výsledkov. Na hodnotenie výkonov slúžia percentilové normy, ktoré je možné použiť pre dospelé osoby vo veku 18 až 50 rokov a pre rôzne vekové skupiny detí a adolescentov od 10 do 18 rokov). Metodiku možno využiť aj pri práci s afatickými pacientami, ktorí môžu namiesto verbálnej odpovede používať obrázky, kde sú znázornené jednotlivé zvuky, stúpanie resp. klesanie melódie a pod. V rámci metodiky sme vypracovali normy pre samostatné vyhodnocovanie správnej identifikácie kladných a záporných emočných zvukov, čo sa v predbežných výsledkoch ukazuje ako diagnosticky veľmi citlivé napr. u pacientov u pacientov s epilepsiou temporálneho laloka. Vytvorili sme variant metodiky s automatickou prezentáciou podnetov prostredníctvom počítača na princípe detekcie terčových podnetov v ľavom a pravom uchu (viď Špajdel, 2016b).

Overovanie našej metodiky u osôb z bežnej populácie ukázalo dobrú test-retestovú reliabilitu pre všetky použité úlohy (Špajdel, Jariabková, 2008) a otvára perspektívu pre ďalšie používanie. Výkon v dichotickej stimulácii signifikantne koreluje s mozgovou aktivitou meranou prostredníctvom evokovaných potenciálov (Špajdel, Riečanský, 2007), čo poukazuje na validitu metodiky pri stanovovaní sluchovopercepčnej laterality mozgu.

Metodika sa overovala aj u skupín pacientov s poškodením mozgu (ischemické lézie, traumatické poškodenie mozgu a i.). Výkon skupiny pacientov s mozgovým poškodením v ľavej alebo v pravej hemisfére je signifikantne nižší ako výkon neurologicky intaktnej populácie a to i po niekoľkých mesiacoch od vzniku lézie (Špajdel, Jariabková, Puskeilerová, 2006). Výkon ľavého ucha v subteste „sekvencie tónov“, výkon pravého ucha v úlohe „slabiky“ a celkový výkon v úlohe „sekvencie tónov“ diferencujú skupinu pacientov s léziou vľavo od skupiny pacientov s léziou vpravo. V našom výskume sa potvrdilo, že dichotická stimulácia citlivo reaguje nielen na poškodenie temporálnych lalokov (Hugdahl et al., 2003), ale výkony pri dichotickej stimulácii reflektujú aj poškodenie ďalších kortikálnych i subkortikálnych oblastí (napr. Hugdahl et al., 1999; Levin et al., 1989). Metodika sa ukazuje ako vhodný screeningový nástroj pri podozrení na poškodenie mozgu (pri kombinovanom skóre všetkých správnych odpovedí zo subtestov environmentálne zvuky, sekvencie tónov a slová sme získali nasledovné hodnoty: senzitivita=0,92, špecificita=1,00, likelihood ratio(+)=16, likelihood ratio(-)=0,08).

Metodika dichotickej stimulácie sa uplatnila v našich výskumoch sluchovopercepčnej laterality u zdravých detí aj u detí s vývinovými poruchami rečových a jazykových spôsobilostí ako napr. dyslexia (napr. Špajdel, Krajmer, Jariabková, 2007; Aiello et al., 2008; Špajdel, Jariabková, Krajmer, 2009; Lenč, Špajdel, Cimrová, 2015), získaná afázia s epilepsiou (Jariabková et al., 2010; Jariabková, Špajdel, Sýkora, 2011), vo výskume spracúvania sluchových podnetov pri temporálnej epilepsii (Jariabková et al., 2014a, 2014b), vo výskume vplyvu hudobnej skúsenosti na spracovanie neverbálneho a verbálneho materiálu (Špajdel, Jariabková, Riečanský, 2007) a vo výskume selektívnej pozornosti (Riečanský, Špajdel, 2006; Špajdel, Riečanský, 2011a, 2011b; Špajdel et al., 2015a, 2015b).

Metodika dichotickej stimulácie má doposiaľ nevyužitý diagnostický potenciál napr. v tom, že jej výsledky korelujú s mozgovou aktivitou nielen počas riešenia špecifických úloh ale i počas kludu, a to hlavne s aktivitou v oblasti posteriórnej časti temporálneho laloka, parietálneho laloka a v prefrontálnej oblasti (Davidson a Hugdahl, 1996). Bolo by preto prínosné preskúmať túto súvislosť vo vzťahu k črtám osobnosti, vcítania sa do iných ľudí alebo s predispozíciou k využitiu rôznych stratégií riešenia úloh.

2 Interferencia zrakovej a sluchovej pozornosti pri dichotickej stimulácii

Keďže udalosti v prirodzenom prostredí zvyčajne nie sú obmedzené len na jednu senzorickú modalitu, mechanizmy multimodálnej pozornosti tak predstavujú významnú otázku v štúdiu pozornosti. V našich štúdiách (Špajdel a kol., 2015b) sme v nadväznosti na predošlé prezentácie čiastkových výsledkov (Špajdel, Riečanský, 2011a, 2011b, 2012) hľadali odpoveď na otázku, či zameranie zrakovej pozornosti facilituje zameranie sluchovej pozornosti, tzn. či vôbec, resp. akým spôsobom prebieha interferencia zrakovej a sluchovej pozornosti, a ako ovplyvňuje integráciu informácií zo zrakovej a sluchovej modalít. Zo súčasného stavu poznania totiž jednoznačne nevyplýva, či zameranie priestorovej pozornosti predstavuje jeden univerzálny systém, alebo sa jedná o paralelne fungujúce, ale nezávislé systémy pre jednotlivé senzorické modalít. Dôležitým výsledkom nášho výskumu je, že pokiaľ sú sluchové a zrakové simultánne prezentované podnety primárne spracovávané v tej istej mozgovej hemisfére, dochádza k ich interakcii a teda facilitácii zamerania sluchovej pozornosti vplyvom zamerania zrakovej pozornosti doprava alebo doľava o 45 stupňov (počet správnych odpovedí z ľavého ucha sa zvýšil pri ľavostranných sakádach, a podobne, počet správnych odpovedí z pravého ucha sa zvýšilo pri pravostranných sakádach). Pri presune zrakovej pozornosti

s malou amplitúdou (cca 10 stupňov) doľava alebo doprava však k takejto interakcii nedochádzalo. Interakciu zrakovú a sluchovú pozornosť sme pozorovali iba pri synchronnej podmienke, tzn. keď sa zrakový aj sluchový podnet vyskytli simultánne. Je možné, že simultánne sa vyskytujúce podnety na rovnakom mieste v priestore percipované cez viaceré senzoričných modalít jedincovi apriori indikujú, že sa jedná o prejavy jedného javu. Na druhej strane, pokiaľ sa tieto podnety vyskytujú asynchrónne, jedinec 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. Je tiež možné, že pri 300 ms asynchrónii zrakových a sluchových podnetov ide už o tak veľký rozdiel, že spracovanie podnetov prebehne postupne - najskôr v jednej modalite a potom v druhej (porovnaj napr. Kawai, 2008). Ďalej sme zistili, že aj keď zameranie priestorovej zrakovú pozornosť dokáže facilitovať zameranie sluchovej pozornosti, tento jav je sprevádzaný oneskorením okulomotorickej reakcie - v prípade, keď oba druhy stimulov primárne aktivujú tú istú hemisféru. Z behaviorálneho hľadiska sa javí, že táto interferencia má pre jedinca ekologicky pozitívne dôsledky. Podľa našich vedomostí, naša štúdia (Špajdel a kol., 2015b) bola prvá, ktorá odhalila vzťah medzi zameraním priestorovej pozornosti v zrakovú a sluchovú modalitu. Vymedzenie presných príčin tohto javu bude predmetom našich budúcich štúdií.

3 Lateralizácia verbálnych funkcií u mužov a žien

Vo všeobecnosti možno povedať, že ženy v porovnaní s mužmi vo všeobecnosti dosahujú lepší výkon vo verbálnych úlohách. Rozdiel medzi mužmi a ženami vo verbálnych schopnostiach by mohol byť vysvetlený odlišným stupňom funkčnej asymetrie mozgu pre verbálne funkcie u mužov a žien, pričom menší stupeň lateralizácie verbálnych funkcií smerom do ľavej hemisféry je výhodnejší, resp. efektívnejší. Keďže niekoľko štúdií spochybnilo rozdielny stupeň lateralizácie rečových funkcií u žien a mužov (napr. rozsiahly výskum Robertsovej a kol., 1994), cieľom nášho výskumu (pozri kapitolu 3 v monografii Špajdel, 2016b) bolo overiť existenciu medzipohlavných rozdielov v lateralizácii verbálnych funkcií u osôb s vyhranenou preferenciou pravej ruky. Predpokladali sme, že ak obmedzíme variabilitu v lateralizácii verbálnych funkcií, ktorú možno pripísať na vrub preferencii ľavej ruky, dostaneme presnejší obraz o medzipohlavných rozdieloch v stupni lateralizácie verbálnych funkcií. Na výskumnom súbore 194 pravoručných osôb sa nám podarilo pomocou dichotickej stimulácie preukázať rozdielnu lateralizáciu verbálnych funkcií medzi mužmi a ženami, pričom v zhode s našim predpokladom bol

u mužov zistený vyšší stupeň lateralizácie verbálnych funkcií smerom do ľavej hemisféry než u žien.

4 Stupeň lateralizácie verbálnych funkcií a intelektové schopnosti

Súvislosť medzi stupňom asymetrie hemisfér a výkonom vo verbálnych a neverbálnych testoch kognitívnych funkcií doteraz nebola jednoznačne preukázaná. Naše výsledky (Špajdel, 2016a, 2017) potvrdili súvislosť medzi stupňom funkčnej asymetrie mozgových hemisfér a výkonom v neverbálnom teste intelektových schopností. Probandi s výraznou lateralizáciou (či už do ľavej alebo pravej hemisféry) dosiahli vyšší výkon v neverbálnom teste intelektových schopností. Probandi s nízkou mierou lateralizácie, resp. s bilaterálnou lateralizáciou mali menšiu efektivitu spracovania a dosiahli nižší výkon v neverbálnom teste intelektových schopností. Vzťahy medzi premennými sú relatívne komplexné a možno ich popísať regresnou krivkou v tvare písmena “u”.

5 Vekom podmienené zmeny vo funkčnej asymetrii hemisfér

Otázka týkajúca sa stálosti funkčnej asymetrie hemisfér a s ňou súvisiacej lateralizácie kognitívnych funkcií do ľavej, resp. pravej hemisféry počas života človeka je veľmi zaujímavá, napriek tomu doteraz nie je takmer vôbec zodpovedaná. Vekom podmienené zmeny funkčnej asymetrie hemisfér predstavujú významný faktor, ktorý vplýva na kogníciu a emocionalitu človeka.

Funkčná asymetria hemisfér a s ňou spojené fungovanie psychiky sa s vekom mení, a to nielen v detstve ale i v období dospelosti, z čoho vyplýva, že psychologické poznatky platné pre jedno vekové obdobie nemožno automaticky zovšeobecňovať na ďalšie vekové obdobia.

Zamerali sme sa preto na porovnanie zmien vo funkčnej asymetrii hemisfér pre verbálne a neverbálne úlohy v období od 10 do 30 rokov (Špajdel, 2016b). Zistili sme, že stupeň asymetrie hemisfér pre neverbálne podnety sa v ontogenéze výrazne mení, pričom v období 10-11 rokov prevláda aktivácia ľavej hemisféry a až s pribúdajúcim vekom začína mierne prevládať aktivácia pravej hemisféry (obdobie 14-15 rokov), pričom až na začiatku obdobia dospelosti sa dosahuje štandardná podoba asymetrie hemisfér pre neverbálne podnety ako ju poznáme z literatúry (tzn. prevládajúca aktivácia pravej hemisféry). Zistili sme tiež, že pri neverbálnych podnetoch (environmentálne zvuky a sekvencie tónov) sa s pribúdajúcim vekom výrazne zvyšuje celkový počet správne identifikovaných podnetov prezentovaných do ľavého

a pravého ucha. Tento nález môžeme interpretovať v súvislosti s hemisferickou asymetriou v príslušných vekových obdobiach, kedy dosiahnutie optimálnej asymetrie v období dospelosti (lateralizácia spracovania neverbálnych podnetov smerom do pravej hemisféry) umožní dosiahnuť vyššiu efektivitu spracovania neverbálnych podnetov, čo sa prejaví vyšším počtom správnych odpovedí.

Pri úlohe s verbálnymi podnetmi bola u všetkých troch vekových kategórií prítomná preferencia pravého ucha, pričom veľkosť preferencie pravého ucha sa zväčšovala postupne od 10-11 rokov až po dosiahnutie svojho maxima vo vekovej kategórii 18-30 rokov. Výsledok svedčí o postupne sa zväčšujúcej dominancii ľavej hemisféry pri spracovaní verbálnych podnetov. Podobne ako pri predošlých úlohách sme preukázali aj vplyv veku na celkový počet správnych odpovedí, avšak pri tejto úlohe bol vplyv veku o niečo menej výrazný než pri predošlých úlohách. Interpretácia našich zistení sa vo svetle vyššie opísaných výsledkov pre neverbálne úlohy javí ako pomerne jednoznačná: dosiahnutie optimálnej asymetrie hemisfér pre verbálne funkcie v období dospelosti (lateralizácia spracovania verbálnych podnetov smerom do ľavej hemisféry) umožní dosiahnuť vyššiu efektivitu spracovania neverbálnych podnetov, čo sa prejaví vyšším počtom správnych odpovedí.

6 Zmeny funkčnej asymetrie hemisfér vplyvom hudobnej skúsenosti

Naše výsledky výskumu vplyvu hudobnej skúsenosti na hemisférickú asymetriu priniesli viacero nových poznatkov. Zaujímavým výsledkom našej štúdie (Špajdel, Jariabková, Riečanský, 2007) bolo zistenie menšej preferencie pravého ucha pre slabiky u mužov-hudobníkov v porovnaní s mužmi-nehudobníkmi. Rovnaký efekt sme neskôr identifikovali aj v zrakovej modalite (Špajdel, 2016b). Inými slovami, hudobná skúsenosť odstránila rozdiely medzi mužmi a ženami v asymetrii ľavej a pravej hemisféry pre verbálne podnety. Naše výsledky veľmi dobre korešpondujú s výsledkami štúdie (Lee, Chen, Schlaug, 2003), v ktorej pomocou zobrazovacích metód zistili, že u mužov-hudobníkov je corpus callosum väčšie ako u mužov-nehudobníkov, pričom u žien sa takýto rozdiel nenašiel. Väčšia veľkosť corpus callosum znamená lepšie prepojenie oboch hemisfér, čo sa v našich výsledkoch získaných pomocou dichotickej stimulácii prejavilo ako menej výrazná preferencia pravého ucha (resp. pravého zrkového poľa) u mužov-hudobníkov. Ako sme už spomínali na inom mieste, opakovane sa preukázalo, že u mužov je väčšia špecializácia ľavej hemisféry na spracovanie verbálnych podnetov než u žien (Bryden, 1988; Hiscock et al., 1994; Voyer, 1996), pričom ženy typicky

dosahujú vyšší výkon v testoch verbálnych schopností (pozri napr. prehľadovú štúdiu Kimura, 1996). Ukazuje sa teda, že istý stupeň asymetrie hemisfér (ten, ktorý nachádzame u žien) je pre verbálne schopnosti najoptimálnejší. V našej štúdiu sme preukázali, že hudobný tréning znižuje stupeň asymetrie hemisfér pre verbálne funkcie u mužov z pôvodne mužského vzoru (vysoký stupeň asymetrie) na ženský (menší stupeň asymetrie), čo by sa podľa nášho predpokladu malo prejavovať lepším výkonom vo verbálnych schopnostiach. Tento predpoklad sa ukazuje ako správny, pretože existuje niekoľko štúdií, ktoré (bez ohľadu na asymetriu hemisfér) zistili u hudobníkov zlepšenie verbálnych schopností (Hassler, 1990; Schlaug et al., 2005).

V našom nedávnom výskume sme zistili (viď Špajdel, 2016b), že muži-hudobníci podľa očakávania dosiahli lepší výkon v Krátkom verbálnom teste inteligencie v porovnaní s mužmi-nehudobníkmi. V skupine žien sme (podľa očakávania) nezistili rozdiel vo výkone vplyvom hudobnej skúsenosti. Tieto výsledky potvrdzujú náš pôvodne vyslovený predpoklad (porovnaj Špajdel, Jariabková, Riečanský, 2007), že hudobný tréning znižuje stupeň asymetrie hemisfér pre verbálne funkcie u mužov, čo sa prejaví lepším výkonom v testoch verbálnych schopností. Výkon mužov-hudobníkov sa teda začína približovať výkonu žien, avšak netýka sa to len verbálnych schopností, ale i neverbálnych schopností, kde dochádza k zhoršeniu výkonu v mentálnych rotáciách (Špajdel, 2016b).

7 Odlišnosti v sluchovopercepčnej lateralite pri vývinovej dyslexii

Naše výsledky (Špajdel, Jariabková, Krajmer, 2009; Špajdel, 2016b) ukazujú, že u detí s dyslexiou prebieha spracovanie sluchového významového verbálneho materiálu odlišným spôsobom než u detí v kontrolnej skupine. Signifikantný vzťah medzi lateralizáciou pre nevýznamový a významový materiál v skupine zdravých detí ukazuje na konzistenciu v spracovaní oboch druhov materiálu. V skupine s dyslexiou tento vzťah absentuje, čo svedčí o odlišnej funkčnej organizácii a lateralizácii spracovania sluchového verbálneho materiálu v závislosti od toho, či sa jedná o významový alebo nevýznamový materiál. Zaujímavé je, že aj v skupine dospelých pacientov s poškodením ľavej hemisféry (Špajdel, Jariabková, Puskeilerová, 2006) bola lateralizácia pre významový a nevýznamový materiál nezávislá. Je preto možné uvažovať o (zatiaľ bližšie nešpecifikovanom) poškodení ľavej hemisféry, resp. iných biologických faktorov, ktoré by mohli lepšie objasniť získané výsledky v skupine detí s dyslexiou a ich podobnosť so skupinou pacientov s poškodením ľavej hemisféry.

Okrem toho, u dyslektikov bol zistený signifikantne nižší celkový výkon nielen v úlohách so slovami, ale aj v úlohách so sekvenciami tónov, čo upozorňuje na narušenie spracovania jazyka a reči vo zvukovej podobe ale i na možné narušenie vnímania melódie reči. Podobne i menej výrazná funkčná asymetria pri spracovaní sekvencií tónov, ktorú sme našli v skupine detí s dyslexiou, môže naznačovať odlišnosti vo vnímaní melódie reči.

Dôležitou implikáciou nášho výskumu je predovšetkým to, že preukázané zmeny funkčnej asymetrie v súvislosti s vývinovou dyslexiou spôsobia zmeny fungovania kognitívnych funkcií, čo sa prejaví v odlišnostiach vo verbálnej i neverbálnej sociálnej komunikácii, ktorá vstupuje do sociálnej interakcie, ale i v odlišnostiach vo vedomej a nevedomej percpeccii obsahov sociálnej interakcie. Chceme preto poukázať na dôležitosť ďalšieho empirického bádania, ktorého predmetom bude overovanie psychologických poznatkov (všeobecne platných pre tzv. "bežnú" populáciu) v skupine osôb s poruchami učenia.

8 Prenatálne hladiny testosterónu a funkčná hemisférická asymetria v dospelosti

Je zjavné, že medzipohlavné rozdiely vo výkone pri riešení rôznych kognitívnych úloh a taktiež aj rozdielna lateralizácia mozgu je vo veľkej miere spôsobená hladinou testosterónu počas prenatálneho a raného postnatálneho vývinu. V prácach týkajúcich sa problematiky vplyvu pohlavných hormónov na kognitívne funkcie a ich lateralitu sa však ukazuje, že napriek rozsiahlemu doterajšiemu výskumu sa v súčasnosti vie o tejto problematike len relatívne málo. Síce bolo potvrdené, že testosterón ovplyvňuje vývin mozgu a jeho fungovanie v rôznych obdobiach života, zatiaľ nepoznáme presný mechanizmus, akým sú prenatálne hladiny i aktuálne hladiny testosterónu vo vzťahu k funkčnej asymetrii mozgu a jednotlivým kognitívnym funkciám.

Keďže doterajšie výskumy sa zameriavali predovšetkým na vplyv prenatálneho testosterónu na výkon v úlohách pre zrakovú senzorickú modalitu (ako napríklad mentálne rotácie), cieľom nášho výskumu (Špajdel, 2014) bolo objasniť vzťah medzi prenatálnou hladinou testosterónu a funkčnou asymetriou hemisfér pre úlohy v sluchovej modalite. Zistili sme, že u mužov i žien platí, že vyššie hladiny prenatálneho testosterónu sa v dospelosti pri úlohe s neverbálnymi podnetmi prejavia výraznejšou preferenciou ľavého ucha počas dichotickej stimulácie. Znamená to, že vyššie hladiny testosterónu počas prenatálneho obdobia spôsobujú výraznejšiu lateralizáciu neverbálnych sluchových funkcií do pravej hemisféry. Ďalej sme zistili, že v skupine mužov

(na rozdiel od skupiny žien) hladina testosterónu počas prenatalného vývinu (odhadovaná pomocou pomeru 2D:4D) ovplyvňuje celkový výkon v dichotickej stimulácii pri úlohe so sekvenciami tónov. Zistili sme, že u mužov platí, že nižšie hodnoty 2D:4D (tzn. vyššie hladiny prenatalného testosterónu) predikujú v dospelosti vyšší výkon v neverbálnych sluchových úlohách so sekvenciami tónov. Z našich dát vyplýva, že pre lepší výkon v neverbálnych úlohách sa javí ako „vhodnejšia“ väčšia funkčná asymetria v prospech pravej hemisféry, ktorá je tiež spojená s vyššími prenatalnými hladinami testosterónu.

Výskumné zistenie v tom zmysle, že vysoké hladiny testosterónu tlmia činnosť ľavej hemisféry, čo následne vedie k väčšej funkčnej asymetrii smerom k pravej hemisfére uvádzajú i Sanders a Wenmoth (1998). Tieto výsledky sú spolu s našimi zisteniami v súlade s teóriou Geschwinda a Galaburdu (1985a, 1985b, 1985c), ktorí predpokladajú, že počas prenatalného vývinu a v ranom postnatalnom období je rast a rozvoj ľavej hemisféry inhibovaný testosterónom a výraznejšie sa preto rozvíjajú tie kognitívne schopnosti, ktoré sú závislé od funkcie pravej hemisféry. Tento efekt by teoreticky mal byť výraznejší u mužov (vzhľadom na vyššie koncentrácie testosterónu), čo sa v našom výskume potvrdilo.

Častou námietkou voči teórii Geschwinda a Galaburdu bol nedostatok empirických dôkazov platnosti teórie (pozri kritické prehľadové práce napr. Bryden a kol., 1994; Berenbaum, Denburg, 1995). Možno preto povedať, že naše výskumné zistenia spolu s ďalšími prácami (napr. Grimshaw a kol., 1993; Sanders, Wenmoth, 1998, Falter a kol., 2006) predstavujú očakávanú empirickú verifikáciu platnosti niektorých aspektov teórie Geschwinda a Galaburdu, ktorá sa týka predovšetkým kognitívnych procesov spojených s pravou hemisférou.

9 Vplyv aktuálnych hladín pohlavných hormónov na funkčnú asymetriu hemisfér pri riešení verbálnych úloh

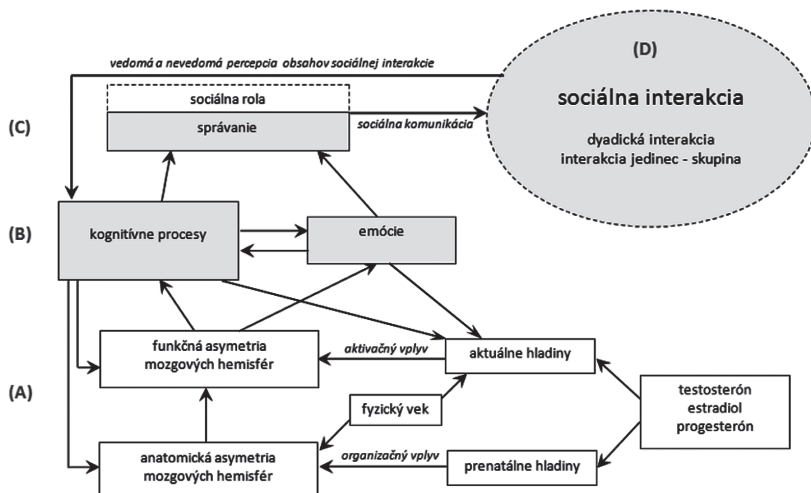
Pri skúmaní rozdielov v hemisférickej asymetrii je potrebné zohľadniť aj fakt, že mozog si zachováva istý stupeň plasticity a ostáva citlivý na pôsobenie pohlavných, čo sa nazýva tzv. aktivačný efekt pohlavných hormónov. Zmeny okamžitej hladiny hormónov počas hormonálnych cyklov prispievajú u dospelých ľudí k zmenám vo výkone v určitých úlohách, pravdepodobne v dôsledku zmien hemisférickej asymetrie, ako sme preukázali v našom výskume vplyvu pohlavných hormónov na asymetriu hemisfér, ktorý sme realizovali

v spolupráci s tímom Fyziologického ústavu Lekárskej fakulty Univerzity Komenského (Špajdel a kol., 2008). V našom výskume sme pomocou tachistoskopickej prezentácie zrkavých podnetov (technika zrkavých polí) prezentovali verbálne podnety (písmená). Zistili sme, že vyššie hladiny estradiolu boli vo vzťahu s vyšším počtom správnych odpovedí na podnety prezentované do pravého zrkavého poľa, čo zodpovedá ich spracovaniu v ľavej hemisfére. Nízke hladiny estradiolu zodpovedali vyššiemu počtu správnych odpovedí s ľavého zrkavého poľa (spracovanie v pravej hemisfére). Tento vzťah bol silnejší u mužov než u žien. Vytvorili sme tiež regresné modely pre index laterality (ukazovateľ asymetrie hemisfér pri riešení zrkavovej úlohy), kde index laterality bol predikovaný nezávislými premennými: hladina slinného testosterónu, estradiolu, progesterónu, a priemerný reakčný čas pri správnych odpovediach. V skupine mužov sa ako signifikantný prediktor ukázala iba hladina estradiolu, pričom regresný model vysvetlil až 75% variability asymetrie hemisfér. V skupine žien boli signifikantné prediktory estradiol, progesterón a priemerný reakčný čas pri správnych odpovediach, pričom regresný model vysvetlil 50% variability v asymetrii hemisfér pri riešení úlohy. Naše výsledky poukázali na to, že aktuálna hladina testosterónu nemusí mať priamy vplyv na asymetriu hemisfér, ale môže pôsobiť až sprostredkovane po konverzii na estradiol. Ako zaujímavá sa tiež ukazuje skutočnosť, že progesterón môže mať rôzny vplyv u mužov a žien.

Okrem cyklických zmien hladín pohlavných hormónov (napr. zmeny hladín testosterónu počas dňa u mužov aj žien; zmeny estradiolu a progesterónu počas menštruačného cyklu a pod.) majú výrazný vplyv na hladiny hormónov aj necyklické zmeny týkajúce sa napr. sociálneho kontextu: zmeny sociálneho statusu, partnerský vzťah, uzavretie manželstva, narodenie dieťaťa, taktiež napr. súťaženie/súperenie v rámci sociálnej skupiny a pod. Niektoré z týchto sociálnym vplyvom indukovaných zmien hormonálnych hladín sú odlišné u mužov a žien (napr. uzavretie manželstva vedie u žien k zvýšeniu hladiny testosterónu, zatiaľ čo u mužov vedie k zníženiu hladiny testosterónu). Každopádne, cyklické i necyklické zmeny hladín hormónov sa prejavujú v zmenách výkonu v konkrétnych typoch úloh (priestorové schopnosti, matematické schopnosti, rôzne verbálne úlohy, ako napríklad chápanie významu slov, a pod.). Tieto zmeny vo výkone sa pravdepodobne dejú v dôsledku toho, že zmeny hladín pohlavných hormónov ovplyvňujú funkčnú asymetriu mozgu, čo sa prejaví v zvýšenom alebo zníženom výkone v jednotlivých kognitívnych doménach (tzv. aktivačný účinok pohlavných hormónov).

10 Systémová komplexita: model cirkulárne-kauzálneho pôsobenia

Systémovú komplexitu skúmaných fenoménov vysvetľuje model cirkulárne-kauzálneho pôsobenia (obr. 1) medzi faktormi na úrovni neuronálnej, kognitívnej, behaviorálnej a sociálnej, ktorý sme vytvorili na základe súčasného poznania s príspevom našich vlastných výskumov. Prenatálne hladiny pohlavných hormónov počas prenatálneho vývoja ovplyvnia mikroskopické i makroskopické úrovne mozgu aj anatomickejšiu asymetriu hemisfér, a tým vo významnej miere zadefinujú funkčnú asymetriu hemisfér. Aktuálna funkčná asymetria hemisfér a jej priebežné zmeny ovplyvňujú priebeh kognitívnych procesov (z hľadiska ich efektivity, výberu rozličných stratégií riešenia úlohy apod.). Tieto zmeny v kognícii sa nevyhnutne prejavujú napr. v odlišnej verbálnej i neverbálnej komunikácii, ktorá vstupuje do sociálnej interakcie. Taktiež sa môžu prejavovať v odlišnostiach vo vedomej a nevedomej percepcii obsahov sociálnej interakcie, čo spätne ovplyvní prostredníctvom kognitívnych procesov aktuálne hladiny hormónov a aktuálnu funkčnú asymetriu hemisfér. Z dlhodobého hľadiska sa môžu realizovať zmeny v anatomickej štruktúre hemisfér, čo môže vysvetliť napríklad zmeny v anatomickej štruktúre mozgu vplyvom dlhodobej hudobnej skúsenosti. Tieto poznatky, implikácie



Obr. 1 Grafické znázornenie vzájomného pôsobenia neuronálnych mechanizmov (A) na kognitívne procesy (B) a správanie (C) v sociálnom kontexte (D)

a súvislosti, majú dôležitú úlohu nielen v psychologickom výskume a teórii ale i v psychologickej praxi. Na základe modelu možno vyvodzovať implikácie napr. do oblasti výskumu verbálnej a neverbálnej komunikácie, sociálnej percepcie, skupinovej interakcie, sociálneho statusu a pod. Nemenej významné sú implikácie do pracovnej psychológie (napr. pri prispôbení pracovného času, pracovného prostredia, úloh a nárokov kladených na zamestnanca) aby sa čo najviac zohľadnila variabilita v kognitívnom výkone žien a mužov v dôsledku cyklických i necyklických zmien hormonálnych hladín.

Záver

Opísali sme naše najvýznamnejšie zistenia týkajúce sa funkčnej asymetrie mozgových hemisfér a ich vzťahu s kognitívnymi funkciami. Zamerali sme sa na opis premenných, ktoré do tohoto vzťahu vstupujú: napr. pohlavné hormóny, vek, hudobná skúsenosť, poruchy učenia a pod. Na základe modelu cirkulárne-kauzálneho pôsobenia neuronálnych mechanizmov na kognitívne procesy a správanie v sociálnom kontexte sme poukázali na to, že zmeny funkčnej asymetrie sa odrazia na efektívnosti kognitívnych procesov. Tieto poznatky, implikácie a súvislosti, majú dôležitú úlohu nielen v psychologickom výskume a teórii ale i v psychologickej praxi.

L I T E R A T Ú R A

- AIELLO, G., FINSTERLE, G., JARIABKOVÁ, K., KAŠPÁREK, T., KEŘKOVSKÝ, M., RUISEL, I., ŠPAJDEL, M. (2008). Neuropsychological aspects of selected brain disorders. In F. Jagla, I. Riečanský, *Topics in Higher Brain Functions* (pp. 38-58.), Bratislava: Comenius University.
- BERENBAUM S.A., DENBURG S.D. (1995). Evaluating the empirical support for the role of testosterone in the Geschwind-Behan-Galaburda model of cerebral lateralization: commentary on Bryden, McManus, and Bulman-Fleming. *Brain Cogn.* 27, s. 79-83.
- BRYDEN, M. P. (1988). An overview of the dichotic listening procedure and its relation to cerebral organization. In K. Hugdahl (Ed.), *Handbook of Dichotic Listening*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1-43.
- BRYDEN, M.P., MCMANUS, I.C., BULMAN-FLEMING, M.B. (1994). Evaluating the empirical support for the Geschwind-Behan-Galaburda model of cerebral lateralization. *Brain Cogn.* 26, s. 103-167.
- CARLSSON, G., WIEGAND, G., STEPHANI, U. (2011). Interictal and postictal performances on dichotic listening test in children with focal epilepsy. *Brain and Cognition*, 76, 310-315.
- DAVIDSON, R. J., HUGDAHL, K. (1996). Baseline asymmetries in brain electrical activity predict dichotic listening performance. *Neuropsychology*, 10, s. 241-246.
- ESLINGER, P. J., DAMASIO, H. (1988). Anatomical correlates of paradoxical ear extinction. In Hugdahl, K. (Ed.), *Handbook of Dichotic Listening* (pp. 139-160) . New York: John Wiley & Sons Ltd.

- FALTER, C.M., ARROYO, M., DAVIS, G.J. (2006). Testosterone: Activation or organization of spatial cognition? *Biol Psychol.* 73, s. 132-140.
- GESCHWIND, N., GALABURDA, A.M. (1985a). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: I. *Arch Neurol.* 42, s. 428-459.
- GESCHWIND, N., GALABURDA, A.M. (1985b). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: II. *Arch Neurol.* 42, s. 521-552.
- GESCHWIND, N., GALABURDA, A.M. (1985c). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: III. *Arch Neurol.* 42, s.634-654.
- GRIMSHAW, G.M., BRYDEN, M.P., FINEGAN, J.K. (1993). Relations between prenatal testosterone and cerebral lateralization at age 10. *J Clin Exp Neuropsychol.* 15, s. 39-40.
- HASSLER, M. (1990). Functional cerebral asymmetries and cognitive abilities in musicians, painters, and controls. *Brain and Cognition*, 13,117.
- HISCOCK M., ISRAELIAN M., INCH R., JACEK C., HISCOCK-KALIL C. (1994). Is there a sex difference in human laterality? I. An exhaustive survey of auditory laterality studies from six neuropsychology journals. *J Clin Exp Neuropsychol.* 16: 423-435.
- HUGDAHL, K. (2003). Dichotic listening in the study of auditory laterality. In K. Hugdahl, R.J. Davidson (Eds.), *The Asymmetrical Brain* (pp. 441-475). Cambridge: The MIT Press.
- HUGDAHL, K., BRØNNICK, K., KYLLINGBAECK, S., LAW, I., GADE, A., & PAULSON, O.B. (1999). Brain activation during dichotic presentations of consonant-vowel and musical instrument stimuli: a 15O-PET study. *Neuropsychologia*, 37, 431-440.
- JARIABKOVA, K., ŠPAJDEL, M., SYKORA, P., BROZMANOVA, M. (2010). Verbal dichotic listening in a child with acquired aphasia with convulsive disorder. *Psychoterapia Cognitiva e Comportamentale*, 16, Addendum.
- JARIABKOVÁ, K., ŠPAJDEL, M., PÁPAYOVÁ, M., TIMÁROVÁ, G. (2014a). Lateralizácia spracúvania sluchových podnetov pri temporálnej epilepsii. In D. Ostatníková (zost.), *Zborník abstraktov 90. Fyziologické dni* (s. 93). Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave,
- JARIABKOVÁ, K., ŠPAJDEL, M., PÁPAYOVÁ, M., TIMÁROVÁ, G. (2014b). Verbal and nonverbal auditory processing in patients with temporal lobe epilepsy. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, 56(1-2), 43.
- JARIABKOVÁ, K., ŠPAJDEL, M., SÝKORA, P. (2011). Dichotické počúvanie verbálnych podnetov pri Landauovom-Kleffnerovom syndróme. 87. fyziologické dni: Zborník abstraktov (s. 44). Bratislava: Ústav normálnej a patologickej fyziológie SAV.
- KIMURA, D. (1964). Left ear differences in perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 355-358.
- KOŠČ, M. (1987). Right versus left hemisphere intelligence? A study with lateralized Raven's progressive matrices. Budapest: 2nd IBRO World Congress of Neuroscience.
- KOŠČ, M. (1995). Varieties in lateralized visual presentation: Methodological Issues. Bratislava: Seminar on Laterality Research, November 20-21, 1995.
- KOŠČ, M., MOLČAN, J. (1982). Disorders of Right Hemisphere Spatial Functioning in Depression (poster), Lausanne: 1. World IBRO Congress, March 30-April 6, 1982.
- KOŠČ, M., MOLČAN, J. (1983). Asymetria cerebrálnych funkcií pri psychózach, Karlove Vary: 1. celoštátna konferencia biologickej psychiatrie, 12.-15.9.1983
- KOŠČ, M., MOLČAN, J. (1984). Depression and the Right Hemisphere Spatial Performance. Olomouc: European CIANS Conference, July 4-8, 1984.
- KIMURA, D. (1996). Sex, sexual orientation and sex hormones influence human cognitive function. *Current Opinions in Neurobiology*, 6, 259-263.
- LEE, D. J., CHEN, Y., & SCHLAUG, G. (2003). Corpus callosum: Musician and gender effects. *Neuroreport*, 14, 205-209.

- LENČ, T., ŠPAJDEL, M., CIMROVÁ, B. (2015). Vnímání rytmu u dětí s dyslexií: pilotná štúdia na slovenskej populácii. *Psychologické dni 2015*, 3. – 4. september 2015. Piešťany: Slovenská psychologická spoločnosť pri Slovenskej akadémii vied a Českomoravská psychologická spoločnosť.
- LEVIN, H.S., HIGH, W.M. JR., WILLIAMS, D.H., EISENBERG, H.M., AMPARO, E.G., GUINTO, F. JR., & EWERT, J. (1989). Dichotic listening and manual performance in relation to magnetic resonance imaging after close head injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 52, 1162-1169.
- MIKULKOVÁ K., ŠPAJDEL M. (2012). Prenatálny testosterón ako prediktor tvorivého myslenia. In: M. Špajdel (ed.): *Dvadsaťte výročie Katedry psychológie na obnovenej Trnavskej univerzite (Acta Psychologica Tyrnaviensia 15-16)*. Kraków: Towarzystwo Słowaków w Polsce, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, s. 140-148.
- ROBERTS, M.A., A KOL. (1994). The dichotic word listening tests: preliminary observations in American and Canadian samples. *Applied Neuropsychology*, 1, 45-56.
- SANDERS, G., WENMOTH, D. (1998). Verbal and music dichotic listening tasks reveal variations in functional cerebral asymmetry across the menstrual cycle that are phase and task dependent. *Neuropsychologia*, 36, s. 869-874.
- SCHLAUG, G., NORTON, A., OVERY, K., WINNER, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, s. 219-230.
- ŠPAJDEL, M. (2009). Dichotická stimulácia v kontexte neuropsychologického výskumu. Trnava, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity, 132 s.
- ŠPAJDEL, M. (2014). Predikujú prenatálne hladiny testosterónu sluchovopercepčnú lateralitu? In M. Špajdel: *Acta Psychologica Tyrnaviensia 17-18*. Kraków: Towarzystwo Słowaków w Polsce, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, s. 200-212.
- ŠPAJDEL, M. (2016a). Súvisí stupeň lateralizácie verbálnych funkcií s efektivitou spracovania sluchových podnetov a úrovňou intelektových schopností? In M. Špajdel: *Acta Psychologica Tyrnaviensia 19-20*. Kraków: Towarzystwo Słowaków w Polsce, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, s. 161-168.
- ŠPAJDEL, M. (2016b). Medzipohľavné rozdiely v kognícii a funkčnej asymetrii mozgových hemisfér. Trnava, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity, 132 s.
- ŠPAJDEL, M. (2017). Brain asymmetry for verbal stimuli in relation to dichotic listening performance, verbal and nonverbal intellectual abilities. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, 59 (1), p. 33-37.
- ŠPAJDEL, M., JARIABKOVÁ, K. (2008). Metodika dichotickej stimulácie: neverbálne a verbálne úlohy. *Československá psychologie*, 52 (2), 167-171.
- ŠPAJDEL, M., JARIABKOVÁ, K., KRAJMER, P. (2009). Verbal auditory processing in boys with specific reading disability. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, 51 (3-4), 156-158.
- ŠPAJDEL, M., JARIABKOVÁ, K., PUSKEILEROVÁ, I. (2006). Dichotic listening to verbal and nonverbal stimuli in left brain and right brain damaged patients. *Homeostasis in Health and Disease*, 44, 145-151.
- ŠPAJDEL, M., JARIABKOVÁ, K., RIEČANSKÝ, I. (2007). The influence of musical experience on lateralization of auditory processing. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 12 (6), 487-499.
- ŠPAJDEL, M., KOHÚT, Z., CIMROVÁ, B., BUDÁČ, S., ROHÁRIKOVÁ, V., RIEČANSKÝ, I. (2015b). Interferencia zrakovej a sluchovej pozornosti pri dichotickej stimulácii. In: I. Farkaš, M. Takáč, J. Rybár, J. Kelemen (Eds.), *Kognícia a umelý život 2015* (s. 167-172). Bratislava: Univerzita Komenského.

- ŠPAJDEL, M., KOHÚT, Z., CIMROVÁ, B., BUDÁČ, S., RIEČANSKÝ, I. (2015a). Cross-modal interaction in spatial attention. In *Cognitive neuroscience of auditory and cross-modal perception: Book of Abstracts* (p. 14). Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, s. 14.
- ŠPAJDEL, M., KRAJMER, P., JARIABKOVÁ, K. (2007). Sluchovopercepčná lateralita pri vývinovej dyslexii. In E. Klčovanská, E. Naništová (Eds.), *Psychológia pre život* (pp. 346-350). Trnava: Typi Universitas Tyrnaviensis.
- ŠPAJDEL, M., RIEČANSKÝ, I. (2007). Elektroencefalografické koreláty preferencie ucha pri dichotickej stimulácii. In E. Klčovanská, E. Naništová (Eds.), *Psychológia pre život* (pp. 351-356). Trnava: Typi Universitas Tyrnaviensis.
- ŠPAJDEL, M., RIEČANSKÝ, I. (2011a). The effect of visual attention shifts on dichotic listening performance. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, 53(3), 148.
- ŠPAJDEL, M., RIEČANSKÝ, I. (2011b). The effect of visual spatial attention on dichotic listening performance. *The 12th European Congress of Psychology: Poster Abstracts*, Istanbul: Turkish Psychological Association, p. 45.
- ŠPAJDEL, M., RIEČANSKÝ, I., FISCHEROVÁ, J., OSTATNÍKOVÁ, D. (2008). The impact of salivary estradiol and testosterone levels on hemispheric asymmetry for visual stimuli discrimination. *International Journal of Psychophysiology*, 69 (3), p. 242-275.
- VOYER D. (1996). On the magnitude of laterality effects and sex differences in functional brain lateralities. *Laterality*. 1: 51-83.
- WESTER, K., IRVINE, D. R. F., HUGDAHL, K. (2001). Auditory laterality and attentional deficits after thalamic haemorrhage. *Journal of Neurology*, 248, 676-683.
- WESTERHAUSEN, R., HUGDAHL, K. (2010). Cognitive control and auditory laterality. In K. Hugdahl, R. Westerhausen (Eds.), *The Two Halves of the Brain: Information Processing in the Cerebral Hemispheres* (pp. 469-497). Cambridge, Mass.: The MIT Press.

Štúdia bola realizovaná s podporou agentúry VEGA č. 1/0083/15 Vzťah kognitívnych schopností a funkčnej asymetrie mozgových hemisfér.