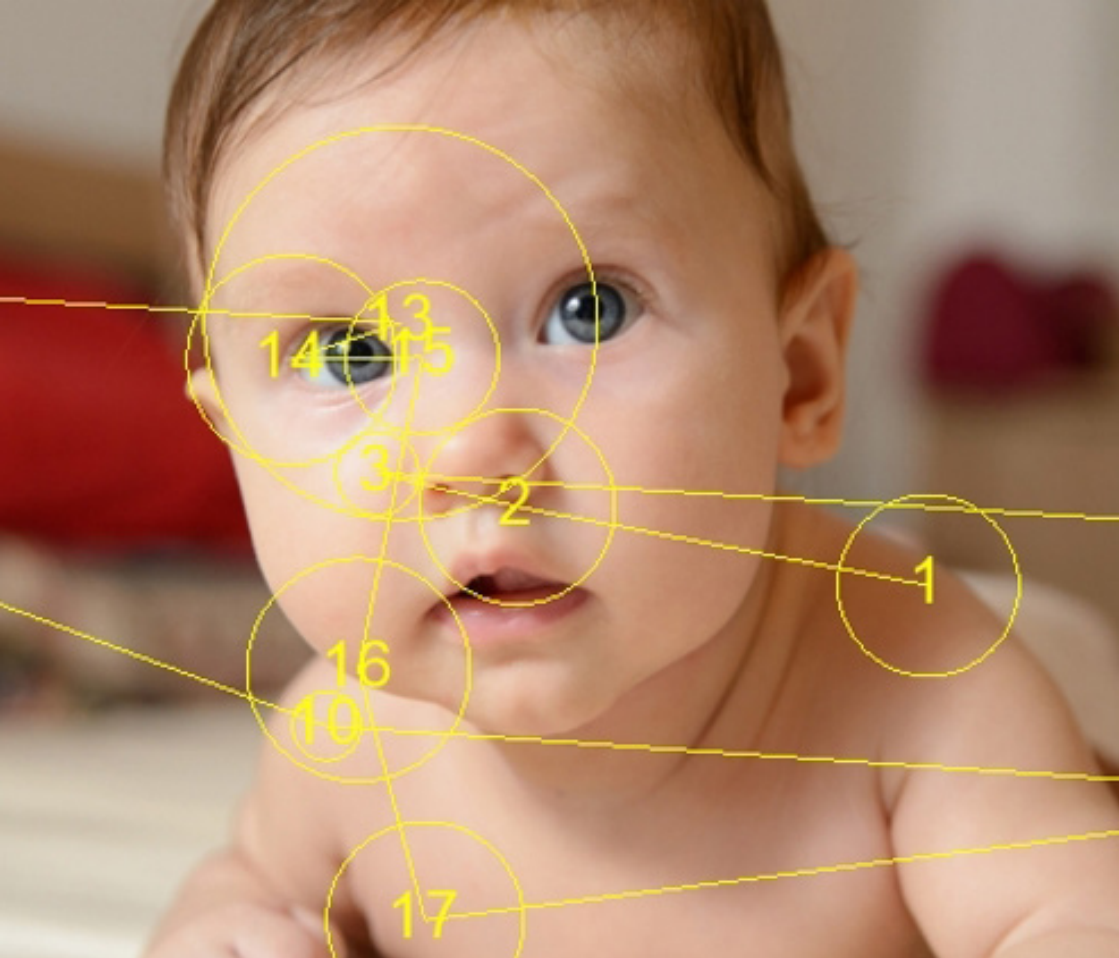




Marian Špajdel

PRÍSTROJOVÉ TECHNIKY V PSYCHOLOGICKOM VÝSKUME 1



Marian Špajdel

**PRÍSTROJOVÉ TECHNIKY
V PSYCHOLOGICKOM VÝSKUME 1**
(Vysokoškolské skriptá)

TRNAVA
2021

Publikácia vznikla v rámci riešenia grantu Kognitívne dopady športových úrazov mozgu u adolescentov v Slovenskej republike (APVV-19-0568).

© doc. PhDr. Marián Špajdel, PhD., 2021

© Filozofická fakulta TU v Trnave, 2021

ISBN 978-80-568-0400-1

OBSAH

Úvod	5
1 Eyetracking	6
1.1 Eyetracking – princíp fungovania a základné pojmy.....	6
1.2 Kategórie eyetrackerov.....	7
1.3 Technické parametre eyetrackera a technické vybavenie laboratória.....	11
1.4 Príklady využitia eyetrackeru v psychologickom výskume a diagnostike.....	16
1.4.1 Eye-tracking a poruchy pozornosti.....	16
1.4.2 Eye-tracking a dyslexia.....	17
1.4.3 Eye-tracking a diagnostika porúch autistického spektra.....	18
2 Techniky na zistenie funkčnej asymetrie mozgových hemisfér	21
2.1 Dichotická stimulácia.....	21
2.1.1 Štruktúrally a pozornosťný model dichotickej stimulácie.....	24
2.1.2 Stratégia riešenia úlohy a zameranie pozornosti na ľavé/pravé ucho.....	30
2.1.3 Index laterality.....	32
2.1.4 Slovenská metodika dichotickej stimulácie.....	34
2.2 Technika lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov.....	38
3 Odhad prenatálnej hladiny testosterónu	43
4 Meranie bioelektrickej aktivity kože (kožno-galvanický reflex)	47
5 Meranie prahu splynutia (CFFT)	53
Záver	61

ÚVOD

Tieto vysokoškolské skriptá sú primárne určené pre študentov doktorandského stupňa štúdia v odbore Všeobecná a experimentálna psychológia, kde predstavujú vhodný učebný materiál predovšetkým k predmetom Prístrojové techniky a Experimentálne trendy v psychológii. Môžu však byť nápomocné aj študentom bakalárskeho či magisterského stupňa štúdia v odbore psychológia, ktorí by chceli niektoré z týchto metód použiť vo výskume pre svoje záverečné práce.

Základ tohto textu tvorí opis vybraných prístrojových metód psychologického výskumu: eyetracking, dichotická stimulácia, technika lateralitovanej prezentácie podnetov, odhad prenatalných hladín testosterónu, meranie bioelektrickej aktivity kože a meranie prahu splynutia CFFT. Čitateľovi predstavíme základné princípy fungovania týchto metód, opíšeme najdôležitejšie parametre, a v krátkosti sa dotkneme aj interpretácie získaných dát, resp. si problematiku priblížime aj na príkladoch z konkrétnych psychologických výskumov (všetky metódy, ktoré v učebnom texte opisujeme, sme používali aj pri našich vlastných výskumoch – odtiaľ bude pochádzať aj väčšina praktických príkladov). Skriptá nemajú za cieľ poskytnúť vyčerpávajúci opis zvolených metód a techník, ale majú čitateľovi predstaviť základné a najdôležitejšie informácie o týchto metódach, aby tak čitateľ lepšie porozumel špecializovaným odborným publikáciám o týchto metódach, ktoré sú dostupne predovšetkým v anglickom jazyku.

1 Eyetracking

1.1 Eyetracking – princíp fungovania a základné pojmy

Eyetracking (z angl. eye = oko, tracking = sledovanie) je technológia, ktorá umožňuje zaznamenávať zameranie pohľadu a pohybov očí pri sledovaní textov, obrázkov, displejov alebo pohyblivých scén pomocou infračervenej kamery umiestnenej najčastejšie pod monitorom počítača. Metóda je neinvazívna a proband de-facto vykonáva všetky činnosti normálne (tzn. pozerá sa na obrázky alebo číta text z obrazovky počítača) – preto je táto metóda vhodná už pre malé deti. Možnosť praktického využívania snímania pohybov očí v detskej populácii a to najmä detí so špeciálnymi výchovno-vzdelávacími potrebami, resp. detí so zdravotným znevýhodnením (dyslexie, poruchy pozornosti, porucha autistického spektra a pod.) je ešte relatívne obmedzená, pretože existuje len málo špeciálnych testov a úloh, ktoré môžu psychológovia využiť spolu s eyetrackerom. Avšak relatívna cenová dostupnosť prístrojov pre eyetracking v súčasnosti vedie k tomu, že výskumníci sa intenzívne zaoberajú integráciou eyetrackerov do diagnostického procesu a vyvíjajú diagnostické protokoly pre potreby psychologической praxe, aby sa eyetracker mohol stať diagnostickým nástrojom pre psychológov. Je pravda, že pre diagnostiku je v súčasnosti k dispozícii dostatok psychologických testov, ktoré dokážu určiť prítomnosť poruchy u konkrétneho jednotlivca, avšak tieto diagnostické nástroje vychádzajú predovšetkým z „behaviorálnej diagnostiky“, ktorá vyžaduje značnú skúsenosť zo strany psychológa a tiež v sebe nesie riziko subjektívneho skreslenia výsledkov osobou diagnostika. Prístrojové metódy preto môžu výrazne spresniť diagnostiku a pomôcť diagnostikovať rizikové osoby už v ranom veku a predovšetkým s vysokou mierou objektivity. Súčasný výskum ukazuje, že práve kvalitatívna a kvantitatívna analýza pohybov očí počas prezentácie rôznych podnetov patrí medzi potenciálne využiteľné biomarkery porúch čítania, porúch pozornosti i porúch autistického spektra. Okrem využitia v praktickej psychodiagnostike, eyetracker

má nezastupiteľné miesto aj v psychologickom výskume (predovšetkým vo výskume pozornosti, ale aj v rôznych iných výskumných oblastiach), kde prináša veľmi cenné informácie.

Medzi základné pojmy spojené s pohybom očí patria fixácie a sakadické očné pohyby. Fixácia je stav, keď oko zostáva počas určitého časového úseku relatívne v pokoji s cieľom získať a spracovať vizuálnu informáciu. Dĺžka fixácií býva spravidla od 50 do 800 ms, s priemernou hodnotou cca 225 ms. Rayner (2009) uvádza, že priemerná dĺžka fixácie počas čítania potichu je 225–250 ms, pri čítaní nahlas 275–325 ms a pri sledovaní scény (videonahrávka, reálne prostredie) je priemerná dĺžka fixácie 260–330 ms. Finálne rozhodnutie o určení dĺžky, ktorú definujeme ako fixáciu, je záležitosťou každého výskumníka v závislosti od oblasti výskumu, typu prístroja a typu prezentovanej úlohy. Pri práci s detskou populáciou je potrebné brať do úvahy fakt, že priemerná dĺžka fixácie (nielen) pri čítaní sa počas dospievania skraca: vo veku 9-10 rokov trvá fixácia priemerne 260 ms, avšak v dospelosti len 205 ms (Häikiö et al., 2009). Priemerne v texte fixujeme približne 85% plnovýznamových a 35% neplnovýznamových slov. Medzi dvoma fixáciami dochádza k sakáde, ktorá umožňuje nasmerovanie oka tak, aby bol sledovaný objekt vnímaný čo najostrejšie. Počas sakadických pohybov sa nezískava žiadna zrková informácia.

1.2 Kategórie eyetrackerov

Prístroje na eyetracking môžeme rozdeliť do troch základných kategórií podľa toho, koľko voľného pohybu umožňujú probandovi počas záznamu očných pohybov (porovnaj Valtakari et al., 2021):

„okuliare na eyetracking“, ktoré sa označujú ako tzv. head-free setup. Tento typeyetrackerov má zvyčajne podobu okuliarov, ktoré si proband nasadí na hlavu, podobne ako štandardné okuliare. Na ráme okuliarov je pripevnená kamera, ktorá zaznamenáva očné pohyby probanda a tiež kamera, ktorá zaznamenáva okolité prostredie na ktoré sa proband aktuálne pozerá (spárovaním záznamu z kamery sledujúcej očné pohyby a kamery zaznamenávajúcej vizuálnu scénu je možné získať veľmi presné informácie o mieste a trvaní

zrakových fixáci. Tento typ eyetrackeru umožňuje probandovi úplne voľný pohyb v priestore a vykonávanie akejkoľvek činnosti. Pohyb môže byť čiastočne obmedzený napr. dosahom bluetooth signálu v prípade, že dáta sa v reálnom čase prenášajú do počítača, resp. je možný aj záznam priamo na pamäťovú kartu vloženú do eyetrackera, a v tomto prípade nie je pohyb probanda obmedzený absolútne ničím. Tento typ eyetrackeru sa veľmi dobre hodí na snímanie očných pohybov vo virtuálnej realite, kde sú možnosti aplikácie takmer neobmedzené. Na prvý pohľad sa použitie tohto typu eyetrackeru môže javiť ako najlepšia a najoptimálnejšia voľba, avšak je potrebné upozorniť na to, že presnosť takýchto eyetrackerov často v reálnom použití neumožňuje dosiahnuť presnosť, akú výrobcovia udávajú v reklamných materiáloch. Ako upozorňujú Niehorster et al. (2020), pri pohyboch hlavou a dokonca aj pri rozprávaní alebo používaní mimických svalov neustále dochádza k drobným posunom eyetrackerových okuliarov, čím sa významne redukuje rozlišovacia schopnosť eyetrackera – pri výskumnom sledovaní napr. interakcie dvoch osôb nemôžeme analyzovať rôzne tvárové oblasti, na ktoré sa pozerajú, ale vzhľadom na zhoršenú presnosť môžeme hovoriť „iba“ o pohľade na tvár alebo nejaký objekt celkovo (napr. Broz et al., 2012; Damm et al., 2013; Franchak et al., 2011; Freeth et al., 2013; Fu et al., 2019; Gullberg a Holmqvist, 1999, 2006; a pod.). Relatívne problematická býva aj analýza nazbieraných dát, kde sa koordináty vizuálnej scény aj smotná vizuálna scéna neustále menia súčasne s pohybom hlavy probanda. Hoci boli vyvinuté rôzne sofistikované algoritmy na automatickú analýzu dát, zvyčajne je potrebné dáta spracovať a oblasti záujmu kódovať manuálne, čo je časovo veľmi náročné. Aj pri rôznych automatických analýzach je potrebné aspoň vykonať manuálnu kontrolu toho, ako algoritmus vyhodnotil dáta, pretože s veľkým množstvom situácií si tieto algoritmy nevedia poradiť. Ďalším problémom pri použití okuliarov na eyetracking je to, že napr. pri výskume sociálnej interakcie dvoch osôb (z ktorých obidve majú nasadené okuliare na eyetracking) môže už len samotný fakt, že osoba na ktorú sa proband pozerá má na tvári nasadené relatívne veľké okuliare na eyetracking ovplyvniť interakciu a smerovanie

pohľadu na túto osobu (Canigüeral et al., 2018). Odporúčame preto vždy, ak to výskumný design umožňuje (a vtedy, keď preferujeme kvantitatívnu analýzu veľkého množstva dát pred kvalitatívnou analýzou) použiť niektorý z nasledujúcich druhov extrackerov (tzv. head-boxed setup alebo head-restricted setup, viď nižšie).

Eyetracker umiestnený pred probandom, umožňujúci sledovanie očných pohybov vo vymedzenom priestore (tzv. head-boxed setup - hlava probanda sa môže voľne pohybovať, ale len v malom vymedzenom priestore, ktorý sa líši podľa konkrétneho modelu eyetrackera), podnety sa najčastejšie premietajú na monitor. Eyetracker býva v tomto prípade umiestnený najčastejšie buď tesne pod spodnou hranou monitora, na ktorom sú probandovi prezentované rôzne podnety (obrázky, videá, prípadne si proband môže samostatne prehliadať napr. internetovú stránku), prípadne býva umiestnený na stojane v priestore medzi monitorom a probandom. Vzdialenosť od monitora býva v podstate rovnaká ako pro bežnej práci s počítačom, monitor býva umiestnený vo výške očí. Použitie monitora však nie je podmienkou, existujú štúdie, ktoré použili reálne scény umiestnené pred probandom, prípadne proband sedel oproti inému probandovi (pri premietaní podnetov na monitor zvyčajne býva chybovosť a presnosť zaznamenaných dát celkovo nižšia než pri použití reálnej scény alebo inej osoby umiestnenej pred probandom). Tento typ eyetrackera zohľadňuje isté drobné pohyby hlavy probanda do strán alebo dopredu / dozadu (a podľa toho prepočítava zaznamenávané parametre – koordináty pohľadu na vizuálnu scénu sa s pohybom hlavy nemenia, ale automatický algoritmus neustále prepočítava informácie tak, aby koordináty miesta na monitore, kam sa proband pozerá boli počas celého merania rovnaké bez ohľadu na pohyby hlavy probanda – toto je základný rozdiel oproti vyššie opísanému druhu okuliarov pre eyetracking). Presnosť a chybovosť merania očných pohybov sa podobne sa však pri tomto type eyetrackera môže mierne zhoršovať tým viac, čím výraznejšie proband pohybuje hlavou, predovšetkým v tom prípade, ak sa hlava dostane blízko hranice priestoru, ktorý eyetracker dokáže sledovať. Dáta, ktoré získame pri tomto type eyetrackera sú presnejšie a majú lepšie rozlíšenie

- umožňujú napríklad identifikáciu a analýzu rôznych oblastí tváre alebo predmetu, na ktoré sa proband pozerá (napr. Hessels et al., 2018; 2019; Merin et al., 2007; von dem Hagen a Bright, 2017). Výhodou je, že analýza oblastí na ktoré sa proband pozerá môže byť plne automatizovaná (na začiatku experimentátor identifikuje oblasti záujmu a software následne automaticky analyzuje údaje o zrakových fixáciách a sakádach od všetkých probandov a vypočíta napr. čas, ktorý probandi venovali pohľadu na nejaké konkrétne miesto, počet fixácií, ktoré smerovali na toto miesto a pod.).

Eyetracker s fixovanou polohou hlavy (tzv. head-restricted setup). V tomto prípade má proband bradu voľne položenú na opierke (niekedy sa používa aj opierka čela) a sleduje podnety, ktoré sú prezentované na monitore. Minimalizovaním pohybov hlavy je možné dosiahnuť vysokú presnosť záznamu. Fixovanie hlavy sa zvyčajne používa pri eyetrackeroch, ktoré umožňujú snímanie dát s veľmi vysokou frekvenciou. Samotný eyetracker býva buď umiestnený pod monitorom (ako v prípade „head-boxed setup“), alebo infračervená kamera eyetrackeru býva priamo súčasťou opierky hlavy a čela (prístroj svojim tvarom pripomína prístroje, ktoré sa používajú na vyšetrenie zrakovej ostrosti) a tento typ eyetrackeru sa nazýva ako tzv. vežový eyetracker (tower-mounted eyetracker). Na základe skúsenosti odporúčame, aby sa fixácia hlavy nepodceňovala a používala sa vždy, keď to výskumná procedúra umožňuje (napr. keď proband iba sleduje podnety, ktoré sa premietajú na monitor počítača). Obmedzenie pohybov hlavy totiž výrazne pomôže zlepšiť presnosť záznamu očných pohybov, obzvlášť sa to týka priestorového rozlíšenia (tzv. identifikácie miesta, kam sa proband pozerá) a najvýraznejší efekt zlepšenia dosiahneme predovšetkým u lacnejších variant eyetrackerov, ktoré zvyčajne nemajú až tak účinné algoritmy na prepočítavanie pohybov hlavy v priestore. Dáta, ktoré získame pri tomto type eyetrackera sú najpresnejšie. Analýza dát môže byť plne automatizovaná a platí pre ňu všetko, čo sme uviedli pri opise „head-boxed“ eyetrackera.

Okrem už spomenutých troch kategórií eyetrackerov ešte v každej z uvedených kategórií rozlišujeme to, či sa jedná o tzv.

„single eyetracker“ alebo „dual eyetracker“. „Single eyetracker“ umožňuje zaznamenávať pohyby očí iba jednej osoby, zatiaľ čo „dual eyetracker“ umožňuje záznam očných pohybov dvoch participantov naraz. Technicky je možné eyetrackery skombinovať do systémov, ktoré zaznamenávajú naraz aj viac osôb, avšak pre potreby psychologických výskumov sociálnej interakcie zvyčajne postačuje záznam interakcie dvoch osôb (najčastejšie ide o head-free setup umožňujúci voľný pohyb osôb v priestore). Zvyšovanie počtu synchronne snímaných osôb je technicky možné, avšak prináša zatiaľ viac komplikácií (vrátane veľmi komplikovanej analýzy nazbieraných dát) než je predpokladaný očakávaný prínos, preto sú takéto štúdie používajúce 3 a viac eyetrackerov naozaj len veľmi zriedkavé.

1.3 Technické parametre eyetrackera a technické vybavenie laboratória

Pri práci s eyetrackerom je dôležité to, s akou presnosťou dokáže snímať pohyby očí. Presnosť je ovplyvnená kategóriou eyetrackera (head-free, head-boxed, head-restricted), a tiež samozrejme kvalitou prístroja. Pri okuliaroch na eyetracking sa reálna presnosť zvyčajne pohybuje v rozsahu od 1 ° do 3° (napriek tomu, že technicky je eyetracker schopný snímať s presnosťou cca 0,5 °, presnosť znižujú rôzne príčiny, ktoré sme opísali vyššie). Pri head-boxed type eyetrackera býva presnosť cca 0,5-1° a pri head-restricted type eyetrackera býva presnosť 0,5° alebo ešte lepšia.

Ďalší veľmi dôležitý parameter je frekvencia snímania. Frekvencia snímania nie je závislá od typu eyetrackera a je limitovaná iba jeho technickými parametrami (čím kvalitnejší a samozrejme drahší prístroj, tým lepšia frekvencia snímania). V praxi sa stretujeme s prístrojmi s frekvenciou od 30 Hz až do 2000 Hz. Frekvencia snímania predstavuje časové rozlíšenie prístroja, tzn. koľko „snímok“ za sekundu je schopný prístroj zaznamenať a z nich vypočítať trajektoriu pohľadu oka. Prístroj nám zvyčajne umožňuje vybrať frekvenciu s akou chceme snímať pohyby očí. Je potrebné uvedomiť si, že snímanie s veľmi vysokou frekvenciou

(napr. 500 Hz, 2000 Hz) kladie veľmi vysoké nároky aj na technické parametre počítača, ktorý dáta z eyetrackeru zaznamenáva a analyzuje. Snímať dáta z eyetrackingu v takomto vysokom rozlíšení má zmysel predovšetkým v oblasti fyziológie a medicíny, kde sa môžu sledovať napríklad rôzne detailné parametre sakadických pohybov očí alebo analyzovať mikrosakády a pod. Pri väčšine psychologických výskumov čítania plne postačujú stredne vysoké frekvencie snímania (napr. 120 Hz, 250 Hz). Ak nás zaujíma predovšetkým miesto, kam sa proband pozerá a nepotrebujeme detailne analyzovať parametre sakadických očných pohybov, v tom prípade je plne postačujúci aj prístroj, ktorý pracuje s nízkou frekvenciou snímania (napr. 60 Hz). Na trhu z času na čas nájdeme aj cenovo dostupné prístroje pracujúce s frekvenciou menej ako 60 Hz (napr. 30 Hz), avšak tieto už nie sú vhodné na seriózne výskumné použitie. Eyetrackery typu head-boxed, ktoré dokážu snímať s frekvenciou v rozsahu 120-150 Hz sú z roka na rok dostupnejšie, avšak cena je i tak stále relatívne vysoká a pohybuje sa v rozsahu 2000-3000 eur (vrátane software pre záznam a základnú analýzu dát, pre pokročilú analýzu dát je zvyčajne potrebné prikúpiť ďalší špecializovaný software).

Aby sme získali čo najlepšíesnejšie dáta z eyetrackingu, je potrebné dodržať niekoľko zásad pri úprave prostredia, v ktorom sa eyetracking realizuje. Veľmi dôležité je to, aby žiadne svetelné zdroje neboli umiestnené na stene oproti eyetrackeru, ani v blízkosti eyetrackera, vhodné je skôr difúzne svetlo. Eyetracker by tiež nemal byť vystavený priamemu slnečnému svetlu, takže na okná je vhodné umiestniť rolety – čím zabezpečíme to, že miestnosť bude osvetlená iba pomocou umelého osvetlenia a teda miestnosť bude pre všetkých probandov poskytovať rovnaké svetelné podmienky. Musíme tiež overiť, to, že žiaden zo svetelných zdrojov sa neodráža na ploche monitora, čo by mohlo ovplyvňovať pohľad na monitor. Monitor by mal byť umiestnený vo výške očí probanda - vhodné je použiť buď mierne vyšší stôl (ideálna výška je cca 90 cm), alebo monitor postaviť na podložku. Eyetracker typu head-boxed býva najčastejšie umiestnený tesne pod spodnou hranou monitora, pričom proband má hlavu vo vzdialenosti 50-

80 cm od monitora. Odporúčame použiť výškovo nastaviteľnú stoličku, aby sa mohla individuálne prispôbiť výška sedenia (hlava každého probanda by mala byť vždy v rovnakej výške voči monitoru a eyetrackeru). V zornom poli probanda by nemali byť okrem monitora žiadne rušivé podnety, ktoré by mohli priťahovať pozornosť, ideálne je použiť jednofarebné pozadie bielej alebo šedej farby. Experimentátor by mal sedieť tak, aby nebol v zornom poli probanda (napr. v dostatočnej vzdialenosti za probandom). Je vhodné čo najviac obmedziť hluk, ktorý preniká do miestnosti.

Čo sa týka monitora, na ktorom zobrazujeme podnety, je dôležité aby mal okrem dostatočnej veľkosti (nepísaný štandard je v súčasnosti veľkosť 24") aj dostatočne veľké pozorovacie uhly (tým pádom bude zachovaná vernosť zobrazenia farieb aj v prípade, že proband bude počas experimentu voľne pohybovať hlavou). Je vhodné, ak sa v laboratóriu používajú monitory dva – jeden slúži pre experimentátora na prípravu a administráciu experimentu a na druhom monitore sa zobrazujú podnety pokusnej osobe.

Technické parametre počítača na ktorom prebieha záznam a analýza dát z eyetrackingu hrajú kľúčovú úlohu len v prípade, ak potrebujeme robiť záznamy s vysokou frekvenciou snímania (napr. 1000 Hz alebo 2000 Hz). Vo všetkých ostatných prípadoch bude plne postačovať bežný stolný počítač alebo notebook s minimálne štvorjadrovým procesorom (napr. Intel Core i7), pamäť RAM vo veľkosti 8 GB a špecializovaná grafická karta (najmä u lacnejších počítačov a notebookov, je grafická karta integrovaná na základnej doske, prípadne je priamo integrovanou súčasťou čipovej sady - obvykle je potom grafická pamäť zdieľaná s operačnou pamäťou procesora a takéto riešenie ide samozrejme na úkor výkonnosti v zobrazovaní grafiky, a aj na úkor výkonu samotného hlavného procesora). Pri nízkych frekvenciách snímania by však malo aj riešenie v podobe integrovanej grafickej karty plne postačovať. Nemôžeme zanedbať ani parametre pevného disku počítača a to predovšetkým rýchlosť zápisu/čítania dát ktorá je kľúčová pri zápise dát zo snímania s vysokou frekvenciou, a tiež pri analýze dát. Pevný disk typu SSD je v priemere 8 – 10x rýchlejší oproti pevnému disku typu HDD, avšak je niekoľkonásobne drahší,

preto je výhodné mať disky dva - záznam dát spolu s analýzou dát realizovať na rýchlom disku SSD, a spracované dáta potom presunúť na archiváciu na disk typu HDD.

Podrobne sme opísali sme technické vybavenie potrebné na eyetracking. V tomto učebnom texte sa nebudeme detailne zaoberať prípravou podnetov, zberom dát a ich spracovaním (ktoré zahŕňa čistenie dát, detekciu fixácií a sakád, segmentáciu záznamu atď.) - podrobnejšie sa tým budeme zaoberať v niektorom z ďalších pokračovaní tohto učebného textu. Na tomto mieste v krátkosti uvedieme aspoň to, že nazbierané dáta je možné po ich očistení a po vypočítaní fixácií a sakád vizualizovať rôznym spôsobom - napr. môžeme využiť vizualizáciu trajektórie pohľadu (viď obr. 1.1, 1.2 a 1.3), prípadne zobrazíme tzv. attention-mapy (ako vidíme, mnohé z týchto foriem grafického zobrazenia ešte nemajú v slovenskom jazyku pomenovanie). Napriek tomu, že takéto grafické zobrazenia výsledkov eyetrackingu pôsobia veľmi moderne a sú marketingovo príťažlivé, z vedeckého hľadiska sú vhodné predovšetkým na ilustráciu našich zistení, ktoré sme overili štatistickou analýzou, prípadne ich môžeme použiť na exploráciu nazbieraných dát, alebo na kvalitatívnu analýzu. Odporúčame sa však dáta z eyetrackingu exportovať do číselnej podoby, pretože vtedy ich môžeme štatisticky testovať metódami kvantitatívnej analýzy dát. Najčastejšie sa k tomuto účelu využívajú parametre ako napr. priemerná dĺžka sakády, priemerná rýchlosť sakády, celkové trvanie fixácie a počet fixácií na zvolených lokalitách (tieto lokality sa označujú ako tzv. AOI – area of interest). Príklady štatistického testovania takýchto parametrov sú v tabuľkách 1.1 a 1.2 (tabuľky sú z nášho výskumu Špajdel, Jánošíková, Navarová, 2019 – výsledky v krátkosti opíšeme v podkapitole 1.4.3).

Tab. 1 Príklad komparačnej štatistickej analýzy dát z eyetrackingu: Signifikantné rozdiely (t-test) medzi osobami s PAS a kontrolnou skupinou v jednotlivých parametroch očných pohybov.

	t	sig
Priemerná dĺžka sakády	-3,55	0,001
Priemerná rýchlosť sakády	0,71	NS
Priemerné trvanie fixácie (na všetky podnety)	-0,17	NS
Celkové trvanie fixácie na objekty a geom.vzory	0,78	NS
Celkové trvanie fixácie na sociálne podnety	2,97	0,004
Počet fixácií spolu (na všetky podnety)	2,43	0,017
Počet fixácií na objekty a geom.vzory	0,54	NS
Počet fixácií na sociálne podnety	3,31	0,001

Tab. 2 Príklad korelačnej štatistickej analýzy dát z eyetrackingu: Pearsonove korelačné koeficienty vzťahu medzi celkovým skóre AQ a rôznymi parametrami očných pohybov.

	AQ (celkové skóre)
Priemerná dĺžka sakády	0,32*
Priemerná rýchlosť sakády	NS
Priemerné trvanie fixácie (na všetky podnety)	NS
Celkové trvanie fixácie na objekty a geom. vzory	NS
Celkové trvanie fixácie na sociálne podnety	-0,26*
Počet fixácií spolu (na všetky podnety)	NS
Počet fixácií na objekty a geom.vzory	NS
Počet fixácií na sociálne podnety	-0,30*

* korelačný koeficient je signifikantný na hladine 0,05

1.4 Príklady využitia eyetrackeru v psychologickom výskume a diagnostike

1.4.1 Eye-tracking a poruchy pozornosti

Trochu zjednodušene je možné povedať, že zrková fixácia v podstate zodpovedá miestu zameraniu zrakovkej pozornosti (v skutočnosti zrková pozornosť v čase mierne predchádza zrkové fixácie, tie ju však veľmi tesne nasledujú). Eye-tracking preto predstavuje výbornú pomôcku pre sledovanie zamerania pozornosti v priestore a čase – napríklad pri sledovaní rôznych obrázkov alebo reálnych scén. V klinickej praxi sa eye-tracking využíva predovšetkým pri diagnostike tzv. neglect syndrómu (porucha pozornosti a vnímania kedy pacient zanedbáva časť zorného poľa). Jeho použitie však môže priniesť veľmi cenné informácie pri poruchách pozornosti (obr. 1), pri diagnostike ADD, ADHD a pod.

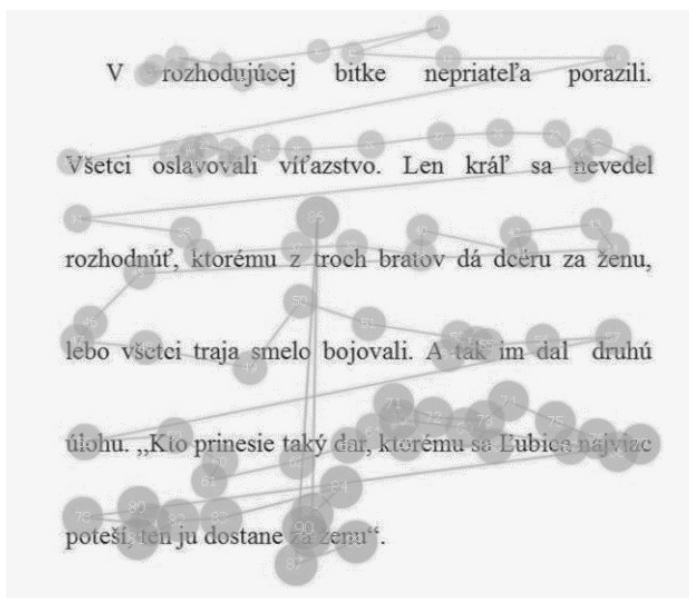


Obr. 1.1 Trajektória sáád a zrkové fixácie probanda s tzv. neglect-syndrómom, kedy pacient úplne zanedbáva ľavú časť zorného poľa (Hájková, 2016 in Popelka, 2018), čísla označujú poradie fixácií, veľkosť kružnice vyjadruje dĺžku trvania fixácie na danom mieste.

1.4.2 Eye-tracking a dyslexia

Sledovanie očných pohybov u osôb s poruchou čítania má relatívne dlhú výskumnú tradíciu. U viac skúsených a schopných čitateľov nachádzame kratšie trvanie fixácií, ich počet je menší, dlhšie sakády a menej regresných pohybov v texte než u detí, ktoré sa len učia čítať, osôb trpiacich poruchami čítania a celkovo menej schopných čitateľov (Rayner, Pollatsek & Reichle, 2003). U osôb s poruchou čítania sa však zistila sa prítomnosť okohybných abnormalít aj vo výkonových úlohách, ktoré neboli založené na čítaní - toto naznačuje, že základný deficit pri kontrole očných pohybov pozorovaných u dyslektikov nie je spôsobený ich jazykovými problémami (Eden 1994), a práve deficit kontroly očných pohybov môže byť príčinou problémov s čítaním. U detí s dyslexiou sa tiež zistil nižší rozsah zrakovej pozornosti s výraznejším zastúpením pravostrannej fixácie (Prado, et al., 2007).

Na Výskumnom ústave detskej psychológie a patopsychológie vytvorili Rajčániová a kol. (2018) niekoľko samostatných eye-trackingových protokolov, ktoré boli použité pri výskume čítania. Išlo napríklad o hlasné čítanie súvislého textu, kde úlohou probanda je nahlas čítať krátky súvislý text v rozsahu 178 slov z obrazovky počítača (obr. 2). Žiak s dyslexiou vykazoval dlhší čas čítania vybraného odseku, väčší počet fixácií, a teda aj viac fixácií v priemere na jedno slovo, a napokon aj väčšiu priemernú dĺžku trvania jednej fixácie. Pri úlohe s hľadaním nesprávnej grafémy (úlohou probanda je nájsť na obrazovke zrkadlovo otočené písmeno spomedzi pätnástich písmen) žiak s dyslexiou potreboval viac času a mal výrazne väčší počet fixácií.



Obr. 1.2 Ukážka z úlohy „čítanie súvislého textu“ u žiaka s dyslexiou (Rajčániová a kol., 2018); čísla označujú poradie fixácií, veľkosť kružnice vyjadruje dĺžku trvania fixácie na danom mieste.

1.4.3 Eye-tracking a diagnostika porúch autistického spektra

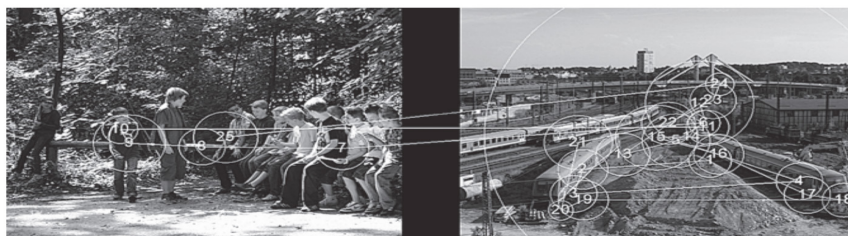
Sakády osôb s poruchou autistického spektra (PAS) majú menšiu presnosť, menšiu maximálnu rýchlosť pohybu oka a dlhšie trvanie (Schmitt a kol., 2014). Ich sakadickým pohybom očí trvá dlhší čas, kým dosiahnu maximálnu rýchlosť, v spomalení pohybu očí na konci sakády sa však osoby s PAS neodlišujú od kontrolnej skupiny. Chawarska, Macari a Shic (2013) preukázali, že odlišnosti medzi autistickou a zdravou populáciou v zrakových fixáciách a sakádach je možné zaznamenať už vo veku 6 mesiacov.

Náš nedávny výskum (Špajdel, Jánošíková, Navarová, 2019) bol zameraný na vytvorenie diagnostického nástroja pre identifikáciu PAS pomocou eye-trackingu. Probandom sú prezentované dvojice obrázkov z rôznych kategórií, napr. objekty, geometrické tvary, sociálne podnety a pod. (obr. 3). Výskum priniesol zaujímavé zistenie, ktoré poukazuje na to, že u osôb s PAS sú zrakové sakády

dlhšie než v kontrolnej skupine. Tento výsledok bol zistený pri podnetoch so sociálnou tematikou, aj pri objektoch a geometrických vzoroch, preto je veľmi pravdepodobné, že platí univerzálne pre rôzne druhy podnetov. Navyše, dĺžka sakády bola vo vzťahu s mierou závažnosti prejavov PAS, tzn. čím mala osoba závažnejšiu mieru PAS, tým boli jej zrakové sakády dlhšie. Je možné, že dlhšie sakády súvisia s tým, že osoby s PAS majú celkovo menší počet zrakových fixácií, čo značí, že ich pozornosť dlhšie zotrúva na jednom mieste a následne sa presunie relatívne dlhou sakádou na nové miesto. U zdravých osôb sa pozornosť presúva v postupných menších krokoch s relatívne kratším trvaním fixácie na každom mieste. U osôb s PAS pravdepodobne dlhé sakády slúžia ako istá kompenzácia menšieho počtu zrakových fixácií. Kvalitatívna analýza rozmiestnenia zrakových fixácií ukázala, že zdravé osoby skúmajú priestor na fotografii relatívne rovnomerne na celej ploche fotografie, na rozdiel od osôb s PAS, ktoré pri podnetoch zo sociálnou tematikou fixujú iba niekoľko málo vybraných oblastí, ktoré často nie sú podstatné pre pochopenie významu danej fotografie. Očakávaným zistením bolo, že osoby s PAS budú mať menší počet zrakových fixácií na podnety zo sociálnou tematikou, a že celkový čas sledovania týchto podnetov bude kratší. Tieto dve charakteristiky sa ukázali byť v negatívnom vzťahu s mierou závažnosti prejavov PAS, tzn. čím závažnejšiu mieru prejavov osoba mala, tým mala menší počet fixácií na podnety so sociálnou tematikou, a celkový čas sledovania týchto sociálnych podnetov bol kratší.

Celkovo môžeme konštatovať, že naša metodika diagnostiky PAS pomocou eye-trackingu (Špajdel, Jánošíková, Navarová, 2019) má veľký potenciál prinášať objektívne výsledky. Medzi potenciálne využiteľné biomarkery PAS môžeme zaradiť priemernú dĺžku sakády a celkový čas sledovania podnetov so sociálnou tematikou. Naša metodika má hodnoty senzitivity 0,85 a špecificity 0,60 keď sa ako kritérium použije priemerná dĺžka sakády. Pri kritériu „celkové trvanie fixácie na sociálne podnety“ sa hodnota špecificity mierne zvýši na 0,71. V súčasnosti je metodika pripravená pre dospievajúcu a dospelú populáciu, avšak pracujeme na overovaní

jej psychometrických charakteristík u detskej populácie a na vytvorení základných noriem.



Obr. 1.3 Trajektória sakád a zrakové fixácie probanda s poruchou autistického spektra (Špajdel, Jánošíková, Navarová, 2019); čísla označujú poradie fixácií, veľkosť kružnice vyjadruje dĺžku trvania fixácie na danom mieste.

Stručne sme opísali základné princípy fungovania metódy snímania pohybov očí pomocou eye-trackingu, vysvetlili sme si technické parametre prístrojov na eyetracking a vyzdvihli niektoré základné oblasti, v ktorých je možnosť praktického využívania snímania pohybov očí v populácii detí a to najmä detí so špeciálnymi výchovno-vzdelávacími potrebami, resp. detí so zdravotným znevýhodnením (dyslexie, poruchy pozornosti, poruchy autistického spektra a pod.). V krátkosti sme opísali aj niektoré nedávane slovenské výskumy v tejto oblasti, ktorých výsledky a pripravené metodiky, (resp. protokoly pre eye-tracking) môžu byť inšpiráciou pre budúce výskumy v tejto oblasti. Veríme, že v blízkej budúcnosti sa eye-tracker stane naozaj užitočnou a dostupnou pomôckou pre psychologov, a to nielen pre oblasť výskum ale aj pre praktickú diagnostiku.

2 Techniky na zistenie 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, niekedy sa tieto techniky nazývajú ako behaviorálne metódy zisťovania funkčnej asymetrie. Podnety sa prezentujú v prípade dichotickej stimulácie prostredníctvom slúchadiel supraaurálneho typu a prehrávača zvukových súborov, resp. pomocou počítača so špecializovaným software, ktorý umožňuje merať aj reakčné časy odpovedí, a v prípade techniky zrakových polí sa používa monitor a počítač so software na meranie reakčného času odpovedí – preto sa tieto techniky právom radia medzi prístrojové techniky.

Uvedené prístupy k bádaniu perцепčnej laterality a jednotlivé metodiky sú naďalej predmetom aj prostriedkom výskumov v kognitívnej psychológii a neuropsychológii. I keď tieto prístupy majú viaceré metodologické obmedzenia, ich prínos je nesporný. Ďalšie zdokonaľovanie jednotlivých metodík prispieva k rozširovaniu možností ich uplatnenia a k využitiu skúmania perцепčnej laterality v rozličných oblastiach kognitívnej psychológie a neuropsychológie.

2.1 Dichotická stimulácia

Paradigma dichotickej stimulácie sa využíva vo forme neinvazívnej metodiky, používanej na štúdium povahy lateralizovaného spracovania sluchových informácií mozgom, ako i na štúdium vývinových trendov funkčnej špecializácie hemisfér. Možno ju použiť u neurologicky zdravých osôb ale tiež napríklad u pacientov s rôznym poškodením mozgu. V rámci neuropsychologickej diagnostiky možno metodiku využiť

pri sledovaní sluchovej diskriminácie a percepcie podnetov, a taktiež na stanovenie stupňa lateralizácie týchto funkcií do ľavej alebo pravej hemisféry. Dichotická stimulácia sa využíva aj pri diagnostike pozornosťných a pamäťových procesov a taktiež pri sledovaní úspešnosti neuropsychologickej rehabilitácie.

Počas dichotickej stimulácie, sa od vyšetrovaných osôb vyžaduje, aby počúvali naraz dva vzájomne odlišné podnety, pričom jeden sa podáva do ľavého a druhý do pravého ucha. Vo všeobecnosti, osoby s lateralizáciou rečových a jazykových funkcií v ľavej hemisfére dávajú viac správnych odpovedí na verbálne podnety (napr. slabiky, slová), prezentované do pravého ucha (Kimurová, 1961a, b), čo sa nazýva preferencia pravého ucha (REA – right ear advantage). Pri neverbálnych podnetoch (hudba, environmentálne zvuky a pod.) býva zväčša viac správnych odpovedí na podnety počuté v ľavom uchu (Kimura, 1964).

Významnú úlohu zohráva hemisférická špecializácia - preferencia pravého ucha nastáva pri lateralizácii jazykových funkcií v ľavej hemisfére. A naopak, u menšej skupiny osôb, u ktorých nastáva pri verbálnych podnetoch preferencia ľavého ucha (LEA – left ear advantage) sa predpokladá pravoemisferická špecializácia pre spracovanie verbálneho materiálu. Mechanizmy v pozadí výkonov pri dichotickej stimulácii sú komplexné a sú naďalej predmetom výskumov s bežnou aj s klinickou populáciou (Hugdahl a kol., 1999; Hugdahl, 2003; Hugdahl, Westerhausen, 2010).

Výskumne boli doteraz použité rozličné druhy neverbálnych podnetov, napríklad hudobné akordy, tónové sekvencie (McKinnon a Schellenberg, 1997; Limová a kol., 2001), environmentálne zvuky, ako napríklad štekание psa alebo vŕzganie dverí (Kraft, Harper, Nickel, 1995; Kraft, 1982), emocionálne zvuky ako smiech alebo plač (Obrzut a kol., 2001). Pri niektorých týchto podnetoch bola preukázaná preferencia ľavého ucha u dospelých i detí, avšak miera efektu u týchto druhov stimulov je menšia v porovnaní s mierou efektu preferencie pravého ucha pri rečových podnetoch (porovnaj napr. Bryden a Allard, 1981). Relatívne malá miera efektu preferencie ľavého ucha môže byť spôsobená väčšou variabilitou medzi ľuďmi v pravoemisferálnej špecializácii. Pomerne veľký

vplyv majú aj stratégie, ktoré ľudia používajú na spracovanie týchto podnetov. Niektoré druhy týchto neverbálnych podnetov dokonca vôbec nemusia byť vhodné pre testovanie hemisférickej asymetrie, napríklad pre ich slabé časové alebo spektrálne prekrytie (Springerová, 1986).

Paradigma dichotickej stimulácie bola pôvodne vyvinutá na simuláciu a testovanie rozdelenej pozornosti u leteckých dispečerov (Broadbent, 1954). Broadbent nechával pokusné osoby počúvať cez slúchadlá naraz dve správy (jedna bola napr. „2-5-3“, a druhá „7-1-4“), do každého ucha jednu. Na základe svojich zistení neskôr Broadbent (1958) vytvoril model prvého spracovania senzorických informácií, kde dôležitú úlohu hrá selektívna pozornosť. Prvé výskumy s dichotickou stimuláciou boli zamerané predovšetkým na pozornostné faktory, aspekty krátkodobej pamäti, na vplyv druhu materiálu, rýchlosti prezentácie, počtu položiek, a takisto na presun pozornosti z jedného kanála na druhý (napr. Bryden, 1962, 1964).

V roku 1961 publikovala Doreen Kimurová dve štúdie, v ktorých aplikovala metodiku dichotickej stimulácie na neuropsychologickú problematiku. V prvej štúdii uvádza údaje neurologických pacientov, u ktorých sa plánovala vykonať lobotómia temporálneho laloka, kvôli zhoršujúcej sa epilepsii. Pacientov vyšetrila dichotickou stimuláciou, s použitím verbálnych podnetov (čísllice). Väčšina týchto pacientov bola testovaná na lateralizáciu rečových funkcií aj invazívnym Wadovým testom (Wada a Rasmussen, 1960). Kimurová zistila, že osoby s pravoemisférickou reprezentáciou reči mali počas dichotickej úlohy viac správnych odpovedí z ľavého ucha, zatiaľ čo osoby s ľavoemisférickou reprezentáciou reči správnejšie identifikovali položky z pravého ucha. Tento efekt bol nezávislý na preferencii ruky (ľaváci, praváci). V nasledovnej štúdii aplikovala metodiku dichotickej stimulácie u zdravých osôb, ktorých väčšina takisto dosiahla preferenciu pravého ucha. Kimurovej dáta naznačujú, že metodika dichotickej stimulácie predstavuje neinvazívny spôsob určovania lateralizácie reči u neurologicky zdravých ľudí. Onedlho viaceré výskumy replikovali toto zistenie, a Kimurová čoskoro ukázala, že preferencia pravého

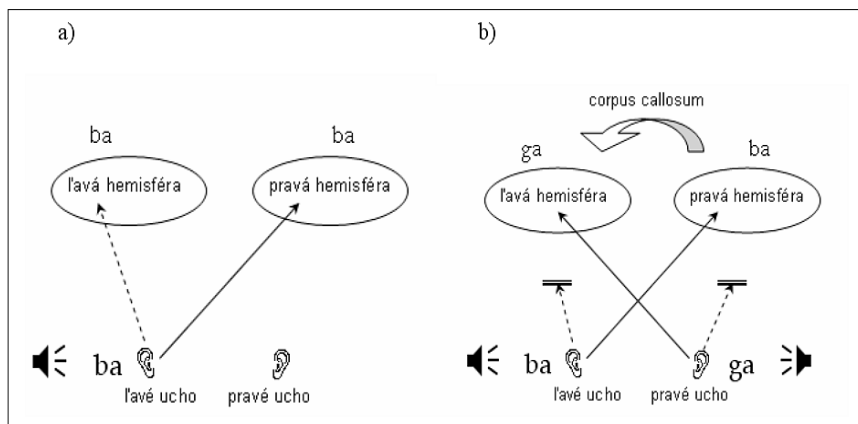
ucha je pozorovateľná i u detí (Kimurová, 1963), a že opačný efekt, preferencia ľavého ucha, nastáva pri dichoticky prezentovaných melódiách (Kimurová, 1964). Doteraz bolo publikovaných niekoľko stoviek štúdií, zaoberajúcich sa neuropsychologickými aspektami dichotickej stimulácie u zdravých ľudí, aj u pacientov s rôznym poškodením mozgu. Dichotické metodiky použité Kimurovou (1961a, b) a ďalšími autormi vychádzali z Broadbentovej procedúry: zoznam čísel sa nahral na jeden kanál stereofónnej magnetofónnej pásky a po následnom previnutí späť bol nahraný druhý kanál. Položky zvyčajne obsahovali jeden, dva alebo tri páry podnetových slov. Pri takomto spôsobe nahrávania je zrejmé, že u viacerých položiek nebola dodržaná podmienka spoločného začiatku podnetov v oboch kanáloch. Vo všeobecnosti sa však preferencia pravého ucha pre verbálne podnety ukázala veľmi robustná a odolná voči takýmto nepresnostiam i voči vplyvom poradia podnetov pri verbálnej výpovedi, ak bol použitý viac ako jeden pár podnetov.

2.1.1 Štrukturálny a pozornostný model dichotickej stimulácie

Preferenciu ucha počas dichotickej stimulácie vysvetľujú dve hlavné teórie, tzv. modely dichotickej stimulácie. Prvý, všeobecne nazývaný ako štrukturálny model vysvetľuje preferenciu ucha na základe anatómie a fyziológie sluchového systému. Tento model zdôrazňuje poznatok, že ipsilaterálne dráhy sú počas dichotickej stimulácie zablokované kontralaterálnymi sluchovými dráhami (Kimurová, 1967). Druhý model, tzv. pozornostný model, pripisuje preferenciu ucha primingovému efektu zamerania pozornosti podľa určitého typu sluchových podnetov (Kinsbourne, 1970). Oba spôsoby pohľadu na lateralitu sa vzťahujú k lateralite funkcií v mozgovej kôre, avšak Kinsbournov model, na rozdiel od Kimurovej modelu, viac zdôrazňuje vplyv pozornosti (Bryden, 1988).

Sluchové dráhy z pravého ucha nevedú iba do ľavej sluchovej kôry, ale tiež do pravej sluchovej kôry. Aferentné kontralaterálne sluchové dráhy sú dominantnejšie (obsahujú väčší počet axónov, rýchlejšie vedú signál), čo spôsobuje, že pravé ucho je o niečo lepšie

reprezentované v ľavej sluchovej kôre ako v pravej. Dominancia kontralaterálnych dráh však nastáva predovšetkým počas podmienok dichotickej stimulácie (Phillips a Gates, 1982; Brancucci a kol., 2004). Čiže počas podmienok dichotickej stimulácie má podnet z pravého ucha efektívnejší „prístup“ do ľavej hemisféry a podnet z ľavého ucha zas do pravej hemisféry. Podľa modelu Kimurovej (1967), preferencia pravého ucha pre verbálne podnety nastáva preto, že sluchová informácia prezentovaná do pravého ucha má priamy prístup do ľavej sluchovej kôry (a teda primárny prístup do oblastí v ľavej hemisfére, ktoré zabezpečujú spracovanie reči a porozumenie jazyku). Kým sa do týchto oblastí dostane informácia prezentovaná do ľavého ucha, musí sa najskôr dostať do sluchovej kôry v pravej hemisfére a do ľavej hemisféry sa dostáva až cez kalosálne dráhy, spájajúce obe hemisféry (pozri obr. 2.1). Analogicky možno vysvetliť aj preferenciu ľavého ucha pre environmentálne zvuky alebo hudbu, pretože na spracovaní podnetov takéhoto druhu sa podieľa predovšetkým pravá hemisféra. Dichotická stimulácia robí tieto „preferencie“ ucha evidentnejšími, pretože potláča signál z aferentných ipsilaterálnych dráh.



Obr. 2.1 Kimurovej model dichotickej stimulácie - neurologicky zdravé osoby (Špajdel, 2009).

Informácia o verbálnom podnete „ba“, prezentovanom len do ľavého ucha (monoaurálna stimulácia), sa dostane kontralaterálnymi sluchovými dráhami do pravej hemisféry a ipsilaterálnymi dráhami do ľavej hemisféry. Osoba vypovie, že počula slabiku „ba“. Analogicky táto situácia platí pre pravé ucho.

Počas dichotickej stimulácie je potlačená funkcia ipsilaterálnych dráh, preto sa slabika „ga“ dostane iba do ľavej (rečovej) mozgovej hemisféry, zatiaľ čo slabika „ba“ do pravej hemisféry. Slabika „ba“ sa dostáva do ľavej (rečovej) hemisféry až prostredníctvom komisurálnych mozgových dráh (corpus callosum), spájajúcich obe hemisféry. Osoba pravdepodobne vypovie, že počula slabiku „ga“. Slabika „ba“ z ľavého ucha nebýva tak presne reprodukováaná ako slabika z pravého ucha - preferencia pravého ucha.

Alternatívny pohľad navrhuje Kinsbourne (1970). Anticipácia verbálneho podnetu slúži ako aktivizátor „rečovej“ (obyčajne ľavej) hemisféry, zatiaľ čo anticipácia neverbálneho podnetu viac aktivuje opačnú hemisféru a robí ju viac senzitívnu na všetky prichádzajúce podnety.

Výskumy ukazujú, že obidva aj Kimurovej model aj Kinsbournov model majú empirickú podporu a sú vzájomne komplementárne. Ak by za preferenciou ucha stáli iba pozornosťné mechanizmy, nebolo by možné vysvetliť to, že rovnakom čase získame rôznu preferenciu ucha pre rôzne typy sluchových podnetov, ktoré podávame simultánne (viď napr. Goodglass a Calderon, 1977; Ley a Bryden, 1982). Na druhej strane, pozornosťný model zas dokáže vysvetliť napríklad fakt, že s tými istými dichotickými podnetmi je možné raz vyvolať preferenciu pravého ucha ak vyšetřovaná osoba očakáva verbálny podnet, a inokedy preferenciu ľavého ucha ak vyšetřovaná osoba očakáva neverbálny podnet (napr. Ley, Bryden, 1982; Obrzut a kol., 2001). Obidva modely objasňujú rôzne aspekty mechanizmu vzniku preferencie ucha počas dichotickej stimulácie. Pri vysvetľovaní podstaty preferencie ucha počas dichotickej stimulácie teda možno vychádzať z modifikácie štrukturálneho modelu, ktorý berie do úvahy aj vplyv zamerania pozornosti. Zároveň treba mať na zreteli aj faktory ako vplyv lokalizácie

podnetu v priestore alebo interindividuálne rozdiely v podkôrovej asymetrii sluchových dráh (porovnaj Bryden, 1988).

Ako sme popísali na modeli od Kimurovej, počas dichotickej stimulácie má signál z pravého ucha priamy prístup k rečovému centru, zatiaľ čo signál z ľavého ucha nie. Prečo však nepriama cesta signálu z jedného ucha do rečového centra spôsobuje tento rozdiel? Porter a Hughes (1983) stanovujú dve hypotézy: Jedna možnosť je, že dlhšia dráha vyžaduje relatívne dlhší čas kým signál dorazí do centra. V tomto prípade signál, ktorý dorazí do centra skôr (pri rečových podnetoch je to signál z pravého ucha), má tendenciu zaneprázdniť kapacitou limitované centrum, a preto bude presnejšie identifikovaný než signál, ktorý má nepriamu dráhu k centru. Druhá možnosť je, že dlhšia dráha kvôli väčšiemu množstvu transferov na neurónových synapsiách spôsobí „šum“ v signále, ktorý dorazí do procesora. V tomto prípade spracovanie ipsilaterálneho signálu s väčším „šumom“ spôsobí väčší počet chýb než spracovanie kontralaterálneho signálu bez „šumu“. Táto hypotéza sa v súčasnosti javí ako pravdepodobnejšia.

Simultánna prezentácia rôznych podnetov do oboch uší nevyústi v dvojnásobný počet zachytených informácií v porovnaní s prezentáciou informácie len do jedného ucha. Celkový výkon (relatívne ku 100% správnych odpovedí z ľavého ucha a 100% správnych odpovedí z pravého ucha; spolu 200%) zvykne bývať medzi 125% až 150% (porovnaj Porter a Hughes, 1983; Springerová, 1986; Bryden, 1988). To znamená, že pod určitou úrovňou môžu byť obidva sluchové kanály spracovávané paralelne (alebo sériovo vo veľmi rýchlom slede), avšak nad touto úrovňou je percepčná analýza časovo aj kapacitne obmedzená, a preto oba signály už nemôžu byť spracovávané súčasne. Toto má za následok, že niektoré informácie z jedného, prípadne oboch kanálov, nie sú spracované. Ak sa jedná o verbálne podnety, napríklad slabiky alebo slová, strata informácií je väčšia v ľavom uchu, z ktorého býva identifikovaných približne o 20% podnetov menej než z pravého ucha.

Podľa Kimurovej (1967) je rozdiel kontralaterálnych a ipsilaterálnych dráh zvýraznený počas dichotickej prezentácie podnetov. Avšak štrukturálny model nás vedie k predpokladu, že

preferencia ucha by mala nastávať i počas monoaurálnej stimulácie: pri verbálnych podnetoch by mali silnejšie kontralaterálne dráhy poskytovať výhodu pre pravé ucho. Výskumy skutočne ukazujú, že síce preferencia ucha nie je pri monoaurálnej stimulácii taká evidentná ako počas dichotickej stimulácie, napriek tomu je možné ju empiricky zaznamenať (Henry, 1979). Podobne aj Bradshaw, Farrelly a Taylor (1981) uvádzajú silnú preferenciu pravého ucha ak sú ako podnet použité dva prekrývajúce sa rozličné rečové podnety v tom istom kanále.

Na efekte preferencie ucha počas dichotických podmienok sa podieľa aj tzv. „pol-priestorový“ efekt. Existencia dvoch uší totiž umožňuje stereofónne vnímanie zvukov a pomerne presnú lokalizáciu zdroja akustických vibrácií. Rýchlosť zvuku nie je totiž taká veľká, aby rozkmitala obidva bubienky súčasne. Ucho na tej istej strane z ktorej prišiel sluchový podnet ho zachytí o niečo skôr než ucho na opačnej strane. Ucho na tej istej strane ako zdroj signálu navyše zachytí podnet o niečo hlasnejšie než ucho na opačnej strane, ktoré ho vníma slabšie. V tom je veľká prednosť binaurálneho počutia. Philips a Gates (1982) zistili, že väčšina buniek v primárnej sluchovej kôre odpovedá na signál z oboch uší, pričom bunky v každej hemisfére citlivejšie reagujú na zvuky z kontralaterálneho zvukového poľa. Preferencia pravého ucha teda nie je viazaná iba na priamu stimuláciu ľavého a pravého ucha, ale z časti závisí na lokalizácii zvuku v ľavom alebo pravom zvukovom poli. Preferencia pravej strany zvukového poľa teda nastáva aj pri prezentácii verbálneho materiálu v zvukovom priestore cez reproduktory (napr. Morais a Bertelson, 1975).

Vplyv „pol-priestorového efektu“ je však veľmi malý. Asbjornsen, Hugdahl a Hynd (1990) testovali vplyv natočenia hlavy alebo usmernenia pohľadu naľavo resp. napravo na veľkosť preferencie pravého ucha pri verbálnej dichotickej stimulácii. Najväčšia preferencia pravého ucha bola dosiahnutá pri štandardných podmienkach, t.j. počas pohľadu priamo pred seba. Natočenie hlavy resp. pohľad doprava i doľava mal inhibičný efekt na veľkosť preferencie, no tento efekt bol veľmi malý. Usmernenie pozornosti na ľavé resp. pravé ucho počas dichotickej stimulácie

vyvoláva zvýšenie odpovedí z príslušného ucha. Na druhej strane, usmernenie pozornosti na pravý resp. ľavý pol-priestor prostredníctvom pohľadu alebo natočenia hlavy takýto efekt nemá, alebo môže mať aj inhibičný efekt.

V našom výskume (Špajdel a kol., 2015a, 2015b) sme sme v nadväznosti na predošlé prezentácie čiastkových výsledkov (Špajdel, Riečanský, 2011a, 2011b, 2012) zistili, že pol-priestorový efekt je závislý na veľkosti zrakovej sakády do ľavej alebo pravej strany. V prípade sakád s malou amplitúdou 10 stupňov sme nezaznamenali vplyv na výkon v dichotickej stimulácii. Až pri 45 stupňovej amplitúde sakád sme zaznamenali vplyv zamerania zrakovej pozornosti na výkon v dichotickej stimulácii: 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 nastal iba pri synchrónnej podmienke, kedy zrakové sakády nastali v rovnakom čase ako boli prezentované dichotické podnety. Už pri oneskorení 300 ms nebol zistený vplyv zamerania zrakovej pozornosti na výkon v dichotickej stimulácii.

Na záver podkapitoly sa pokúsime zhrnúť doterajšie poznatky o preferencii ucha do niekoľkých viet: Pri vysvetľovaní podstaty preferencie ucha počas dichotickej stimulácie možno vychádzať z modifikácie štrukturálneho modelu, ktorý berie do úvahy aj vplyv zamerania pozornosti. Zároveň treba mať na zreteli aj ďalšie faktory ako napr. vplyv lokalizácie podnetu v priestore alebo interindividuálne rozdiely v podkôrovej asymetrii sluchových dráh.

2.1.2 Stratégia riešenia úlohy a zameranie pozornosti na ľavé/pravé ucho

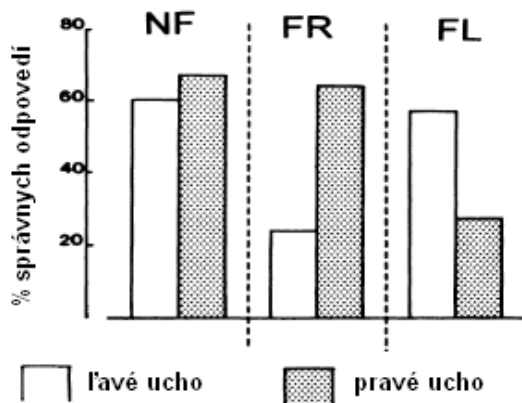
Na hemisférickú asymetriu sa v súčasnosti už nepozera ako na spôsob špecializácie hemisfér pre spracovanie určitých druhov podnetov, ale v asymetrii sa vidí predovšetkým rozdiel v spôsobe spracovávaní podnetov jednou alebo druhou hemisférou. Ľavá hemisféra spracováva podnety analyticky a sekvenčne, pravá hemisféra je viac syntetická a spracováva podnety celostne. Tento pohľad na rozdiely vo funkcii hemisfér implikuje, že je možné a reálne, aby ten istý druh podnetov vyvolával preferenciu pravého ucha alebo preferenciu ľavého ucha v závislosti od toho, ako je úloha prezentovaná vyšetrovanej osobe. Výborne to ilustruje štúdia Blumsteina z roku 1970, ktorú uvádza vo svojej práci Springerová (1986). Nevýznamové dichotické slabiky, ktoré sa líšili v úvodnej spoluhláske, boli zmiešané s dichotickými anglickými slovami (jazykový kontext) alebo s dichoticky prezentovanými slabikami vo forme spievanej melódie (nejazykový kontext). Pri slabikách bola u testovaných osôb zistená preferencia pravého ucha, podobne tomu bolo aj pri slovách. Avšak pri nejazykovom kontexte sa zistila preferencia ľavého ucha. Autori štúdie vidia vysvetlenie v tom, že človek sa zameriava na odlišné aspekty verbálnych podnetov, keď sú chápané ako slová (zaangažovanie ľavej hemisféry), alebo ak sú prezentované a chápané ako melódia (zaangažovanie pravej hemisféry). Toto zistenie je v súlade s Kinsbournovým modelom dichotickej stimulácie.

Na sluchovo-percepčnú lateralitu mozgu sa teda môžeme pozeráť dvoma spôsobmi: „zdola-hore“ (ang. bottom-up; na charakteristikách podnetov založená perspektíva) a „zhora-dolu“ (angl. top-down; na inštrukcii založená perspektíva). Lateralitou bottom-up sa myslí funkčná špecializácia hemisfér pre spracovanie určitého druhu podnetu (verbálny, neverbálny a pod.). Lateralitou top-down sa rozumie dynamická modulácia laterality usmerňovaním pozornosti buď do ľavého alebo pravého sluchového poľa. Podľa Hugdahla (2000) by sa mala lateralita chápať ako výslednica spomenutých dvoch typov, ktoré spolu dynamicky interagujú a tak vytvárajú špecifický vzorec pre daný

kognitívny kontext. Toto môže vysvetliť nielen to, prečo sa osoby odlišujú v odpovediach na lateralizované podnety, ale tiež to, prečo sa aj tá istá osoba líši v odpovediach na tie isté podnety ak sa testuje v rozličnom čase.

Inštrukciami modifikovanú lateralitu ilustrujeme na príklade usmernenej pozornosti počas dichotickej stimulácie: Metodika dichotickej stimulácie môže byť použitá na štúdium dynamickej interakcie medzi spracovaním podnetov „zdola-hore“ a „zhora-dolu“ tým, že sa vyšetrovaná osoba inštruuje, aby zamerala svoju pozornosť iba na jedno ucho, a vypovedala iba podnety prezentované do tohto ucha. Toto sa nazýva variant usmernenej pozornosti (angl. forced attention paradigm), a typicky zahŕňa tri podmienky: v prvom bloku dichotických položiek má subjekt sledovať podnety, prezentované do oboch uší, čo sa nazýva neusmernená pozornosť (angl. non-forced attention), v druhom bloku je subjekt inštruovaný, aby zameral pozornosť a nahlas opakoval iba podnety z pravého ucha (angl. forced-right attention), zatiaľ čo v poslednom bloku má zamerať pozornosť iba na podnety prezentované do ľavého ucha (angl. forced-left attention). Ak subjekt zameria pozornosť na ľavé, alebo pravé ucho, na charakteristikách podnetu založená preferencia pravého ucha sa môže buď zväčšiť alebo zmenšiť (niekedy až zmeniť na preferenciu ľavého ucha), v závislosti od toho, na ktoré ucho subjekt zameria pozornosť. Preferencia pravého ucha sa zvyčajne dosahuje ak je pozornosť usmernená na pravé ucho, preferencia ľavého ucha vtedy, ak je pozornosť usmernená na ľavé ucho (pozri obr. 2.2).

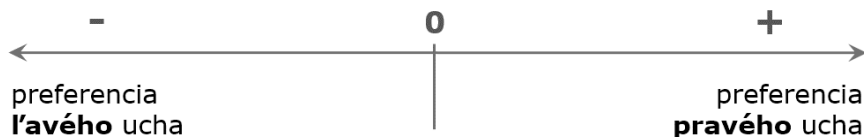
Úloha stratégie spracovania a úloha faktorov zamerania pozornosti na ľavé a pravé ucho zatiaľ nie je dostatočne objasnená, predovšetkým čo sa týka miery ktorou prispieva k celkovej sluchovopercepčnej asymetrii. Pri práci s dichotickou stimuláciou je dôležité, aby samotná inštrukcia, ako aj povaha úlohy, čo najviac zvýšila pravdepodobnosť, že všetky vyšetrované osoby budú riešiť úlohu pomocou tých istých kognitívnych procesov a tých istých stratégií zamerania pozornosti.



Obr. 2.2 Výkon v dichotickej stimulácii za podmienok neusmernenej pozornosti (NF), doprava usmernenej pozornosti (FR) a dolava usmernenej pozornosti (FL); podľa Hugdahl, Andersson, 1984.

2.1.3 Index laterality

Porovnaním úspešnosti identifikácie podnetov prezentovaných do ľavého a pravého ucha vyšetrovanej osoby je možné určiť lateralizáciu oblastí pre spracovanie príslušného druhu podnetov v ľavej alebo pravej hemisfére. K tomuto účelu sa najčastejšie používa tzv. index laterality, ktorý vyjadruje mieru lateralizácie sluchovo-percepčných funkcií smerom do ľavej, resp. pravej hemisféry pomocou jedného čísla: záporné hodnoty vyjadrujú lateralizáciu verbálnych sluchovo-percepčných funkcií smerom do pravej hemisféry, kladné hodnoty vyjadrujú lateralizáciu smerom do ľavej hemisféry (čím väčšia absolútna hodnota čísla, tým výraznejšia lateralizácia do danej hemisféry – obr. 2.3).



Obr. 2.3 Index laterality vyjadruje mieru lateralizácie sluchovo-percepčných funkcií smerom do ľavej hemisféry (preferencia pravého ucha), resp. pravej hemisféry (preferencia ľavého ucha): záporné hodnoty vyjadrujú lateralizáciu verbálnych sluchovo-percepčných funkcií smerom do pravej hemisféry, kladné hodnoty vyjadrujú lateralizáciu smerom do ľavej hemisféry; čím väčšia absolútna hodnota čísla, tým výraznejšia lateralizácia do danej hemisféry.

Vzorec na výpočet indexu laterality je: $(SCR-SCL)/(SCR+SCL)$, kde SCR je počet odpovedí, pri ktorých bol správne identifikovaný iba podnet prezentovaný do pravého ucha, pričom podnet v ľavom uchu buď nebol vôbec identifikovaný, resp. bol identifikovaný chybné (tzv. single-correct); SCL je počet odpovedí, pri ktorých bol správne identifikovaný iba podnet prezentovaný do ľavého ucha, pričom podnet v pravom uchu buď nebol vôbec identifikovaný, resp. bol identifikovaný chybné.

2.1.4 Slovenská metodika dichotickej stimulácie

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, vytvorené na základe výsledkov pravoručných osôb vo veku 18 až 50 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.

Naša metodika je uložená vo formáte mp3 (predošlé verzie metodiky boli dostupné na dvoch CD nosičoch) a teda je možné probandovi prehrávať podnety buď z počítača, prenosného mp3 prehrávača, alebo zo smartfónu. Pri administrácii sa používajú slúchadlá supraaurálneho typu (tzn. slúchadlá, ktoré dosadajú na ušnicu zvonku, nie slúchadlá, ktoré sa vkladajú do uší).

V úlohe „environmentálne zvuky“ sa vyskytujú zvuky ako napríklad: hrom, kroky, pílenie dreva, plač, smiech a pod. Úlohu „sekvencie tónov“ tvoria sekvencie dvoch tónov (buď stúpajúce tóny, klesajúce tóny alebo rovnaká výška oboch tónov), pričom do každého ucha je prezentovaná iná sekvencia. Použili sme tóny so základnými frekvenciami 440 Hz (tón a1), 494 Hz (tón h1), 523 Hz (tón c2) a 587 Hz (tón d2). Pri úlohách „nevýznamové slabiky“ a „zmysluplné slová“ sme použili dichotickú nahrávku, vytvorenú v Ústave experimentálnej psychológie SAV (Jariabková, 1987) v spolupráci so Slovenským rozhlasom v Bratislave, ktorú sme digitalizovali. Úlohy obsahujú 24 dvojíc zostavených zo slabík „ba“, „da“, „ga“, „ka“, „pa“, „ta“ a 18 dvojíc jednoslabičných slovenských slov.

Vo všetkých štyroch subtestoch sa preukázal štatisticky významný rozdiel v počte odpovedí z ľavého a pravého ucha. Pri neverbálnych úlohách výsledky ukázali preferenciu ľavého ucha. Naopak, pri verbálnych úlohách sme zistili preferenciu pravého ucha. Vplyv faktora „pohlavie“, ani interakcia faktorov „ucho“ a „pohlavie“, neboli významné pri žiadnej úlohe. Ako významné sa neukázali ani medzipohlavné rozdiely v celkovom výkone (súčet správnych odpovedí z ľavého a pravého ucha spolu).

Overovanie metodiky u osôb z bežnej populácie ukázalo dobrú test-retestovú reliabilitu pre všetky použité úlohy a otvára

perspektívu pre ďalšie používanie. Pearsonov koeficient test-retestovej reliability indexu laterality SCp 1 pre jednotlivé úlohy má nasledovné hodnoty: Pre úlohu „environmentálne zvuky“ má hodnotu 0,86 ($p < 0,001$). Pre „sekvencie tónov“ 0,69 ($p = 0,01$). Pre úlohu „slabiky“ má hodnotu 0,96 ($p < 0,001$). Pre úlohu „zmysluplné slová“ má hodnotu 0,79 ($p < 0,001$).

Od publikovania našej štúdie (Špajdel, Jariabková, 2008) priebežne dopĺňame databázu výkonov v jednotlivých subtestoch našej metodiky. Pôvodné normy vytvorené na základe výsledkov pravoručných osôb vo veku 18 až 30 rokov sme rozšírili o vekovú skupinu 31-50 rokov, pričom sa predbežne ukazuje, že medzi týmito dvoma vekovými skupinami nie je štatisticky významný rozdiel vo výkone. K metodike sme doplnili možnosť samostatného vyhodnocovania identifikácie kladných a záporných emočných zvukov (plač a smiech) a vypracovali percentilové normy pre vekové skupiny od 18 do 50 rokov. Takéto samostatné vyhodnocovanie dichoticky prezentovaných emočných zvukov sa v predbežnom hodnotení ukazuje ako diagnosticky veľmi citlivé napr. u pacientov s epilepsiou temporálneho laloka, u ktorých sa prejavuje výrazne zhoršený výkon v porovnaní s neruologicky intaktnou populáciou.

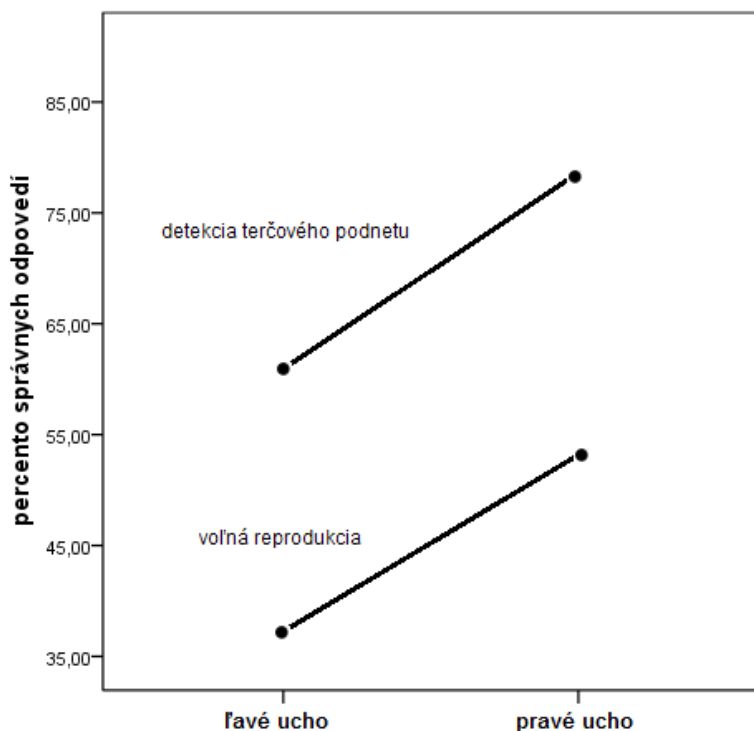
Naša metodika dichotickej stimulácie sa uplatnila vo výskumoch sluchovopercepčnej laterality u zdravých detí aj u detí s vývinovými poruchami rečových a jazykových spôsobilostí ako napr. dyslexia (napr. Špajdel, Krajmer, Jariabková, 2007; Aiello a kol., 2008; Špajdel, Jariabková, Krajmer, 2009; Lenč, Špajdel, Cimrová, 2015), získaná afázia s epilepsiou (Jariabková a kol., 2010; Jariabková, Špajdel, Sýkora, 2011), vo výskume spracúvania sluchových podnetov pri temporálnej epilepsii (Jariabková a kol., 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 a kol., 2015a, 2015b).

Našli sme signifikantné vzťahy medzi výkonom v dichotickej stimulácii a elektrickou aktivitou mozgu (Špajdel, Riečanský, 2007), čo poukazuje na validitu metodiky dichotickej stimulácie

pri stanovovaní sluchovopercepčnej laterality mozgu. Viacero prác sme venovali prejavom mozgových lézií rozličnej lokalizácie na sluchovú a zrakovú diskrimináciu a percepciu verbálnych i neverbálnych podnetov (Jariabková, Špajdel, Vargová, 2006; Špajdel, 2006; Špajdel, Jariabková, Puskeilerová, 2006).

Jeden z variantov metodiky dichotickej stimulácie sme použili ako súčasť bimodálnej audiovizuálnej stimulácie pri výskume či je zameranie pozornosti do určitej oblasti priestoru z hľadiska jedinca univerzálne, alebo či existujú oddelené systémy pozornosti paralelne, samostatne a nezávisle fungujúce v jednotlivých senzorických modalitách (Špajdel, Riečanský, 2011a; Špajdel, Riečanský, 2011b, Špajdel a kol., 2015a, Špajdel a kol., 2015b).

Vytvorili sme i variant metodiky s automatickou prezentáciou podnetov prostredníctvom počítača. Metodika obsahuje ako podnety slabiky BA, DA, TA, KA, PA a GA. Úlohou probanda je detegovať prítomnosť terčového podnetu stlačením klávesu na počítačovej klávesnici. Naše výsledky od 194 osôb vo veku 18-30 rokov potvrdzujú preferenciu pravého ucha, pričom sa neukázal rozdiel vo veľkosti preferencie ucha v porovnaní s bezprostrednou voľnou reprodukciou počutých slabík, kde proband po skončení každého podnetu nahlas vyslovil slabiky, ktoré počul (obr. 2.4). Pri detekcii terčového podnetu sme však (podľa očakávania) zistili väčší počet správnych odpovedí než pri bezprostrednej voľnej reprodukcii (viď Špajdel, 2016).



Obr. 2.4 Porovnanie počtu správnych odpovedí na dichotické podnety prezentované do ľavého a pravého ucha pri bezprostredne voľnej reprodukcii a pri detekcii terčového podnetu (Špajdel, 2016).

Naše doterajšie poznatky a výskumné zistenia o lateralizácii kognitívnych funkcií sme opísali a sumarizovali v samostatnej monografii (Špajdel, 2016) a v dve monografie sme venovali metodike dichotickej stimulácie – jedna monografia sa zaoberá predovšetkým používaním dichotickej stimulácie v rámci psychologickej a neuropsychologickej diagnostiky (Špajdel, 2020) a druhá monografia opisuje konštrukciu a overovanie validity našej metodiky dichotickej stimulácie (Špajdel, 2009).

2.2 Technika lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov

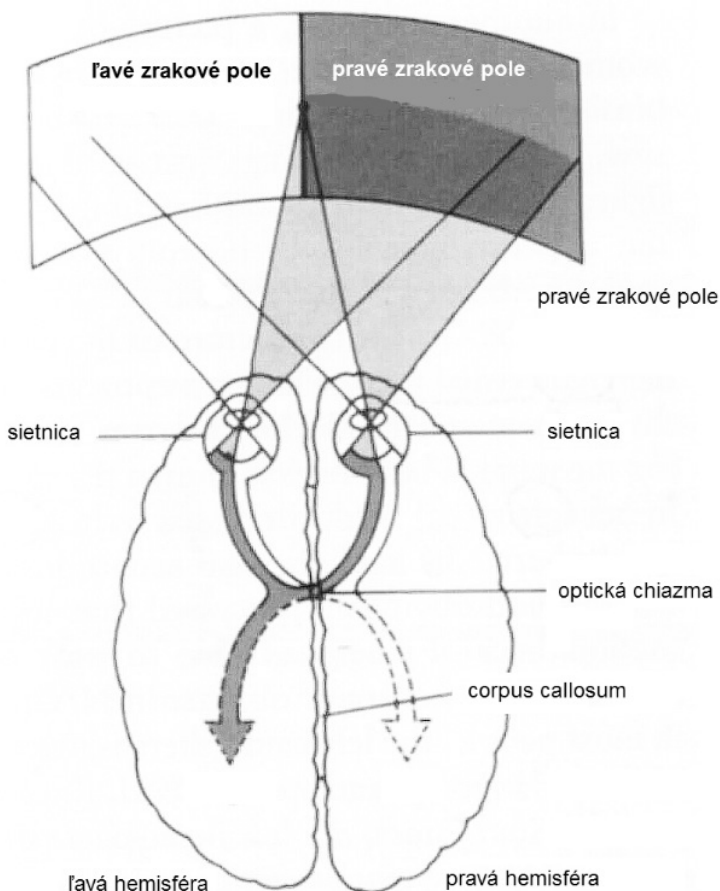
Metodiky lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov majú varianty s dlhšou prezentáciou podnetov (technika laterálnych limitov) a s tachistoskopickou prezentáciou (v anglosaskej literatúre označovaná ako VHF - visual half-field alebo DVF - divided visual field). Princíp techniky zrakových polí (ang. visual half-field) spočíva v prezentácii zrakových podnetov do pravého alebo ľavého zrakového poľa (obr. 2.5). Ak je podnet prezentovaný len v jednom zrakovom poli, dostáva sa informácia o ňom len do kontralaterálnej hemisféry (tzn. pravé zrakové pole oboch očí sa projekuje do ľavej hemisféry a opačne). Táto podmienka je zabezpečená fixáciou zraku na fixačný bod v strede zorného poľa, a taktiež veľmi krátkou dobou prezentácie podnetu (používajú sa časy prezentácie maximálne 180 ms, najčastejšie približne 150 ms). Čas prezentácie musí byť totiž príliš krátky nato, aby oko stihlo vykonať sakadický pohyb a tým pádom sa pri ďalšej fixácii po sakadickom pohybe očí podnet dostal aj do opačnej polovice zorného poľa.

Podobne ako pri dichotickej stimulácii aj pri technike lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov platí, že dokáže odhaliť narušenie (resp. zníženie efektivity) percepcie zrakových podnetov a to dokonca aj vtedy, ak pacient za normálnych okolností nevykazuje známky narušenia vnímania takýchto podnetov. Pri klinickej interpretácii výsledkov sledujeme počet správnych odpovedí na podnety prezentované do ľavého a pravého zrakového poľa a tiež celkový počet správnych odpovedí v jednotlivých úlohách. Získané výsledky nám dajú informáciu jednak o lateralizácii zrakovopercepčných funkcií pre spracovanie príslušného druhu podnetov do ľavej alebo pravej hemisféry, a tiež informáciu o miere narušenia kognitívnych funkcií pre spracovanie verbálnych aj neverbálnych zrakových podnetov.

Pri technike lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov analogicky pre zrakovú modalitu platia všetky informácie, ktoré sme prezentovali v podkapitolách o dichotickej stimulácii (napr. o pozornostnom a štrukturálnom modeli, indexe laterality, atď.)

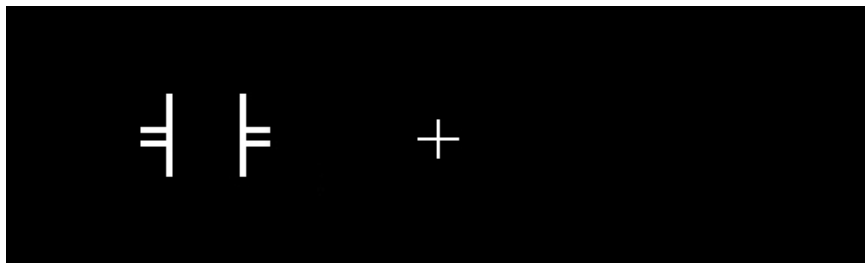
Na Slovensku tieto metodiky uviedol do výskumných aktivít PhDr. Marián Košč. Rozpracoval variant techniky laterálnych limitov s lateralizovanou prezentáciou Ravenových progresívnych matríc (Košč, 1987). Pre tachistoskopickú prezentáciu použil na verbálnu stimuláciu slová/neslová, na neverbálnu stimuláciu 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; 1983b; 1984) a endogénnych psychóz (Košč, Molčan, 1983a).

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 (obr. 2.6) a ľudské tváre (obr. 2.7). Podnety sú prezentované cca 150 ms. Pri úlohe s verbálnymi podnetmi je úlohou probanda stlačením klávesu na počítačovej klávesnici odpovedať, či mu bolo v ľavom (resp. pravom) zrakovom poli prezentované významové slovenské slovo alebo nevýznamové zoskupenie 4 písmen. Pri geometrických figúrach je úlohou probanda stlačením klávesu na počítačovej klávesnici odpovedať, či sú dve figúry (prezentované na obrazovke v ľavom, resp. pravom zrakovom poli) orientované rovnakým smerom alebo opačným smerom. Pri úlohe s tvármi má proband stlačením tlačidla odpovedať, či videl normálnu alebo počítačovo upravenú tvár (napr. chýbajúce oko, nos, ústa a pod.). Program 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) a pri sérii viacerých výskumov, ktorých výsledky sme opísali v našej monografii o lateralizácii kognitívnych funkcií (Špajdel, 2016).

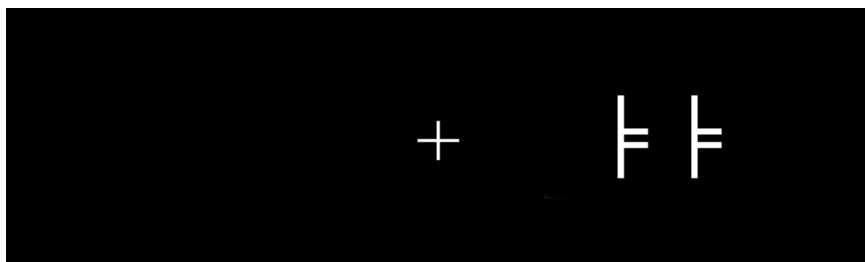


Obr. 2.5 Princíp fungovania lateralizovanej prezentácie zrkových podnetov: Z nazálnej časti očnej sietnice vedú nervové dráhy do kontralaterálnej hemisféry, zatiaľ čo z temporálnej časti do ispilaterálnej hemisféry. Premietanie podnetov laterálne od fixačného bodu tak umožňuje prijímať informácie iba jednou hemisférou v závislosti od toho, či bol podnet premietnutý vľavo alebo vpravo od fixačného bodu (Špajdel, 2016).

a)



b)



Obr. 2.6 Ukážka počítačového variantu metodiky lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov (úloha s geometrickými figúrami). Úlohou probanda je stlačením klávesu odpovedať, či sú dve figúry prezentované na obrazovke v ľavom (resp. pravom) zrakovom poli orientované rovnakým smerom (b) alebo opačným smerom (a), (Špajdel, 2016).

a)



b)



Obr. 2.7 Ukážka počítačového variantu metodiky lateralizovanej prezentácie zrakových podnetov (úloha s ľudskými tvármi). Proband má odpovedať, či videl normálnu ľudskú tvár (a) alebo počítačovo upravenú tvár (b), ktorej napr. chýba jedno oko, ústa a pod. (Špajdel, 2016).

3 Odhad prenatalnej hladiny testosterónu

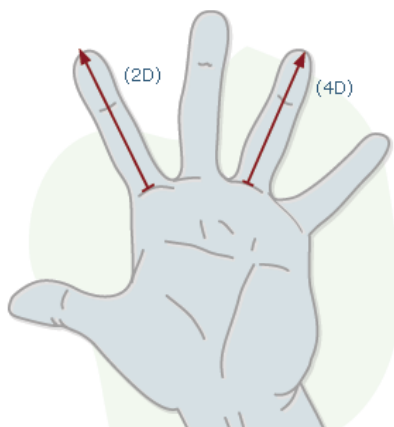
Hladiny pohlavných hormónov súvisia s asymetriou hemisfér pri riešení úloh rôzneho typu a tým ovplyvňujú i samotný výkon v týchto úlohách. Stanovenie presných aktuálnych hladín testosterónu, progesterónu či estradiolu je možné jedine pomocou laboratórnych vyšetrovacích metód, ktoré sú finančne veľmi náročné. Na odhad približnej úrovne testosterónu, ktorému bol jedinec vystavený počas prenatalného vývinu však možno použiť relatívne nenáročnú metódu, ktorú opíšeme v tejto kapitole.

Početné štúdie preukázali (napr. Manning a kol., 1998; Manning, 2002; McIntyre, 2006; Voracek, Dressler, 2007; Voracek, Loibl, 2009), že množstvo testosterónu, ktorému bol jedinec počas prenatalného obdobia vystavený, sa veľmi dobre odráža na pomere dĺžky druhého prsta (ukazovák) voči dĺžke štvrtého prsta (prstenník). Tento vzájomný pomer ukazováka k prstenníku (obr. 3.1, obr. 3.2) sa v literatúre označuje ako pomer 2D:4D (písmeno D pochádza z angl. digit - prst; v slovenčine zatiaľ nie je zaužívaná ekvivalentná skratka pre tento odborný termín, preto sa ďalej v texte budeme pridržať pôvodnej anglickej skratky 2D:4D).

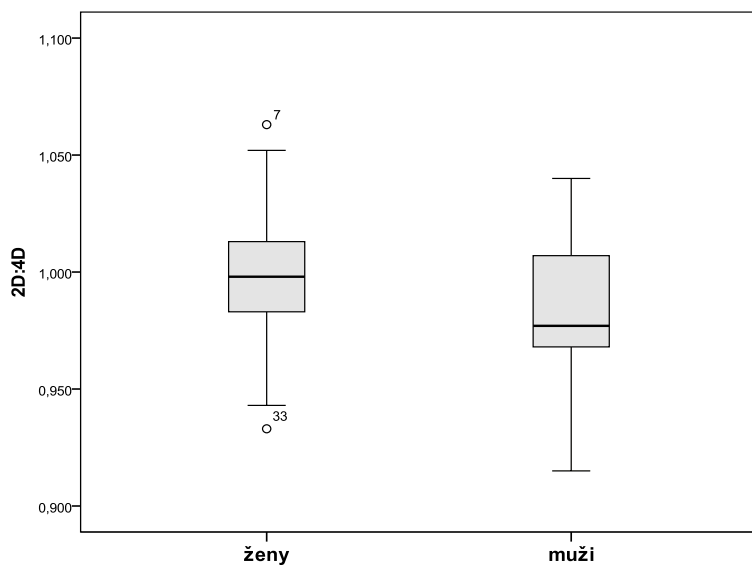
Podľa Manninga a kol. (2003), pomer 2D:4D u mužov koreluje s genetickou variabilitou v géne pre androgénové receptory. Muži, ktorí majú androgénové receptory vysoko senzitívne na testosterón, majú nižšie hodnoty pomeru 2D:4D – tzn. majú viac maskulínny pomer prstov. Ako zistili Lutchmaya a kol. (2004), pomer 2D:4D na pravej ruke vo veku 2 rokov negatívne koreluje s hladinou prenatalného testosterónu a s pomerom testosterónu voči estrogénu stanovenom na základe amniocentézy v 2. trimestri prenatalného vývinu. Zistilo sa tiež, že deti s kongenitálnou adrenálnou hyperpláziou (tzn. abnormálne vysoké hladiny testosterónu počas prenatalného vývinu) majú nižší pomer 2D:4D (Brown a kol., 2002; Ökten a kol., 2002). Zaujímavosťou je, že pri autizme sa predpokladá hypermaskulizácia mozgu a vyššie hladiny prenatalného testosterónu, pretože autisti majú nižšie hodnoty pomeru 2D:4D ako kontrolná skupina (Manning a kol., 2001; Krajmer, Špajdel a kol., 2011).

Pre úplnosť je potrebné poznamenať, že okrem prenatalných hladín testosterónu, pomer 2D:4D koreluje i s prenatalnými hladinami estrogénov. Vyššie hodnoty pomeru 2D:4D svedčia o vyšších prenatalných hladinách estradiolu (Manning a kol., 1998).

Meranie dĺžky prstov a výpočet pomeru 2D:4D sa môže vykonávať rôznymi spôsobmi. V literatúre sa opisuje napr. priame meranie pravítkom na ruke probanda, meranie na fotografii ruky, meranie na xerokópii skene ruky. Vo všeobecnosti sa za štandard považuje meranie pomocou špecializovaného software s použitím skenu pravej ruky probanda. Pravá ruka sa odporúča naskenovať v rozlíšení minimálne 600 DPI. Po overení kvality skenu (ide predovšetkým o viditeľnosť vrások na pokožke) sa sken uloží do formátu JPG s nízkym stupňom kompresie. Pred samotným stanovením 2D:4D sa odporúča úprava kontrastu a jasu v grafickom programe (napr. Adobe Photoshop, a pod.) tak, aby boli čo najviac zvýraznené kožné vrásky. Následne sa upravený obrázok otvorí v programe Autometric (verzia 2.2), ktorý je dostupný pre operačné systémy Windows aj Mac. Následne sa meracie značky pre druhý a štvrtý prst manuálne nastaví na príslušné miesta (viď obr. 3.1) a program automaticky vypočíta pomer 2D:4D (podľa značiek program vypočíta veľkosť druhého a štvrtého prsta a následne aj vzájomný pomer oboch prstov). Hodnoty 2D:4D predstavujú kardinálny typ premennej a môžeme ich analyzovať pomocou štatistického programu SPSS.



Obr. 3.1 Schematické znázornenie výpočtu pomeru 2D:4D (pomer veľkosti ukazováka k prstenníku): nastavení emeracích značiek na začiatok prsta a na kožnú vrásku na dlani (ako ukazuje začiatok a koniec každej šípky).



Obr. 3.2 Hodnoty pomeru dĺžky ukazováka voči dĺžke prstenníka (2D:4D) v skupine mužov a v skupine žien (Špajdel, 2014).

Falter a kol. (2006) vo svojej štúdii zistili, že u oboch pohlaví je pomer 2D:4D v signifikantne negatívnom vzťahu s výkonom v kognitívnych úlohách, v ktorých muži podávajú všeobecne lepší výkon ako ženy - čo znamená, že vyššie hladiny testosterónu počas prenatálneho obdobia súvisia s lepším výkonom v typicky mužských kognitívnych úlohách.

Existuje i niekoľko štúdií, ktoré zistili súvis medzi 2D:4D a preferenciou ruky. Nižší pomer 2D:4D (čo znamená vyššie hladiny testosterónu v prenatálnom období) bol zaznamenaný u ľudí s preferenciou ľavej ruky (Nicholls a kol., 2008; Stoyanov a kol., 2009). Ako už bolo spomenuté vyššie, tieto štúdie poskytujú empirickú podporu teórii o inhibičnom vplyve testosterónu na vývin ľavej hemisféry a následnú anomálnu dominanciu hemisfér, čo sa prejaví napr. v zmene preferencie ruky (porovnaj Geschwind, Behan, Galaburda, 1985a, 1985b, 1985c).

Kallai a kol. (2005) zistili, že u žien je pomer 2D:4D vo vzťahu s asymetriou v posteriornej a tiež aj v strednej časti hipokampu (Kallai a kol., 2005). U žien s nízkym pomerom 2D:4D (tzn. typicky mužský pomer) bol zistený menší objem ľavostrannej posteriornej časti hipokampu. Naopak, u žien s relatívne vysokým pomerom 2D:4D (typicky ženský pomer) bol zistený menší objem strednej časti hipokampu. Z výsledkov vyplýva, že počas prenatálneho vývinu mozgu reaguje stredná a zadná časť hipokampu na testosterón úplne odlišným spôsobom. Môžeme predpokladať, že tieto testosterónom vyvolané zmeny sú vo vzťahu s medzipohlavnými rozdielmi vo výkone v úlohách zameraných na priestorovú pamäť a verbálnu pamäť. Naša hypotéza má však zatiaľ len špekulatívny charakter. Na jej potvrdenie bude potrebné preukázať podobné vzťahy medzi pomerom 2D:4D a jednotlivými časťami hipokampu i v mužskej populácii. Zaujímavý je fakt, že v spomínanej štúdii (Kallai a kol., 2005) sa neukázal vzťah medzi pomerom 2D:4D a veľkosťou ostatných oblastí mozgu (napríklad amygdaly alebo mozgovej kôry). Sú preto potrebné ďalšie štúdie tohto vzťahu, ktoré potvrdia alebo spresnia súčasné výsledky.

4 Meranie bioelektrickej aktivity kože (kožno-galvanický reflex)

Emocionalita a emocionálne prežívanie so sebou prináša rozmanité telesné prejavy, ktoré je možné sledovať objektívnymi metódami. Tieto nám umožňujú utvoriť si čiastočný obraz o intenzite prežívania emócie. Medzi tieto spôsoby merania emocionálneho prežívania patria napríklad meranie kožnogalvanickej reakcie, meranie frekvencie dýchania, srdečného tepu, svalového napätia a pod. Tieto spôsoby majú svoj význam vo výskume ale i v praxi, napr. v kriminalistike, kde sa v podobe polygrafu používajú na odhalenie pravdivosti výpovedí svedkov a podozrivých z trestných činov. V tejto kapitole sa zameriame na meranie kožnej vodivosti, predtým však musíme odprezentovať ešte niekoľko nevyhnutných poznatkov o emóciách.

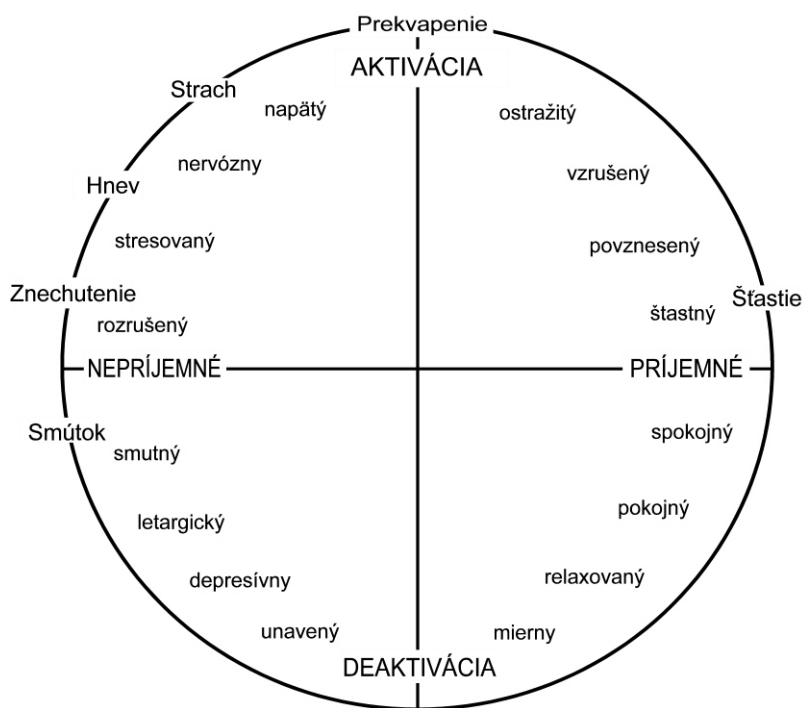
V súlade s modelom Bradleyho a kol. (2001), sa charakterizácia jednotlivých emócií pohybuje v rámci dvoch základných dimenzií:

- dimenzia valencie (príjemné-nepříjemné) alebo miera potešenia, ktoré emócia prináša
- dimenzia aktivácie alebo nabudenia

Zmeny kožnej vodivosti sú modulované predovšetkým dimenziou nabudenia – pri vyššej miere aktivácie je kožná vodivosť vyššia (Lang, Bradley, Cuthbert, 1998). Napríklad pri podnetoch, ktoré vyvolávajú emóciu prekvapenia alebo strachu sa výrazne zvyšuje vodivosť kože než pri neutrálnych podnetoch. Aj keď pomocou merania kožno-galvanickej reakcie dokážeme relatívne veľmi presne stanoviť mieru aktivácie, ktorú daná emócia vyvolala, stále nie je možné povedať o akú konkrétnu emóciu v tomto prípade ide - to určíme až z kontextu danej situácie, napríklad podľa toho, aký podnet bol probandovi prezentovaný.

Nasledujúci náčrt zobrazuje vo vnútornom kruhu schematickú mapu nálad (core affect) a vo vonkajšom kruhu zobrazuje typickú pozíciu niekoľkých druhov prototypických emočných epizód (Feldman-Barrett, Russell, 1998). Tento prístup k nazeraniu na emócie navrhuje rozlišovať jednotlivé zložky tradičného termínu

emócia. Predstavuje termín „core affect“ ako základný subjektívny emočný stav prítomný bez ohľadu na vonkajší objekt (nálada) a tzv. prototypickú emočnú epizódu – komplexná emočná udalosť vyvolaná určitým objektom v určitom čase, pričom obe sa navzájom neustále ovplyvňujú (Russell, Barrett, 1999). Napriek tomu, že neposkytuje vyčerpávajúci výpočet emočných zložiek, Russell sa snaží o popis štruktúry „afektívneho priestoru“ (Obr. 4.1), teda štrukturovanie veľkej a premenlivej oblasti emočných stavov, nálad, aktivácie a príjemnosti.



Obr. 4.1. Afektívny priestor podľa Russella. Vnútorý kruh znázorňuje schematickú mapu emočných stavov. Vonkajší kruh znázorňuje kde približne sa nachádzajú niektoré prototypické emočné epizódy. Upravené podľa Russell, Barrett, 1999).

Záujemcov o problematiku emócií chceme informovať o tom, že s Dr. Izsóf-Jurášovou sme sa venovali problematike navodzovania emócií pre potreby psychologického výskumu pomocou krátkych filmových klipov. Naším významným prínosom v tejto oblasti je overenie validity vybraných filmových úryvkov, ktoré môžu slúžiť v psychologických výskumoch rôzneho charakteru na experimentálne navodenie konkrétnych požadovaných emócií (Jurášová, Špajdel, 2013). Metodika je k dispozícii zdarma – stačí kontaktovať autorov. Pri overovaní filmových úryvkov sme zistili, že nemé filmové úryvky sú rovnako efektívne, ako úryvky s dialógmi. Ďalej sme zistili, že ženy reagovali väčšou mierou smútku na úryvky s danou cieľovou emóciou než muži. Pri ostatných emóciách sme nezistili rozdiely medzi mužmi a ženami (Jurášová, Špajdel, 2011; Jurášová, Špajdel, 2013).

Ako sme uviedli vyššie, zmeny kožnej vodivosti (SCR, angl. „skin conductance response“) sú modulované fyziologickým nabudením, resp. mierou aktivácie (Lang, Bradley, Cuthbert, 1998). Pre tento jav existuje ako v angličtine, tak aj v slovenčine veľké množstvo označení. Hovorí sa napríklad o zmene elektrických vlastností kože, bioelektrickej reaktivite kože, psychogalvanickom reflexe, kožnogalvanickom reflexe, kožnogalvanickej odpovedi alebo reaktivite. V angličtine môžeme tento jav nájsť pod označeniami galvanic skin response (GSR), electrodermal response (EDR), psychogalvanic reflex (PGR), alebo už vyššie uvedené skin conductance response (SCR).

Elektrická vodivosť kože je za normálnych okolností pomerne nízka. Pri použití povrchových elektród priemeru 2 – 3 cm, priložených na dlaň, vykazuje odpor rádovo až 100 000 ohmov. Po podaní silného podnetu sa odpor znižuje až o 50%, avšak aj slabé podnety, ako sotva počuteľné zvukové cvaknutie, navodzuje merateľné zmeny odporu kože. Pretože sa hovorí o elektrickej vodivosti kože, používame obrátenú hodnotu nameraného odporu, tzn. odvodenú veličinu - elektrickú vodivosť, ktorej jednotkou je podľa sústavy SI siemens (S). Ak uvažujeme, že elektrická vodivosť kože sa kontinuálne mení, je možné vypočítať absolútnu úroveň vodivosti pre akýkoľvek časový úsek, ktorý potom predstavuje

určitú základnú úroveň vodivosti. Rýchle zmeny vodivosti, ktoré sú vyvolané rôznymi podnetmi pôsobiacimi na človeka, sú potom superimponované na túto základnú úroveň a sú vyjadrené ako percentuálna zmena (Czako, Seemannová, Bratská, 1982).

Pri galvanometrickom snímaní sa používajú v podstate dve metódy:

- exosomatická metóda – spočíva v meraní úrovne zmien elektrickej vodivosti kože prostredníctvom dvoch nepolarizovaných elektród, galvanometra a vonkajšieho zdroja prúdu (slabý jednosmerný prúd s napätím 1 – 6 voltov)
- endosomatická metóda – ktorou sa merajú akčné potenciály kože bez vonkajšieho zdroja prúdu

Za najvhodnejšie miesta na umiestnenie elektród sa štandardne považujú dlane rúk, najmä končeky prstov, ale je možné použiť napríklad aj chodidlá nôh. Je nevyhnutné aby bol merací prístroj schopný a merať a zaznamenať nielen veľkosť reaktivity, ale aj dynamiku reaktivity, čím vznikne kontinuálny záznam časového priebehu kožno-galvanickej reakcie.

Existuje niekoľko koncepcií, ktoré sa snažia o teoretické vysvetlenie podstaty zmien vodivosti kože, napríklad zmenami v membránach kožných buniek, koncepciou priamych nervových impulzov meniacich polarizáciu membrán jednotlivých kožných buniek, ale ako najpravdepodobnejšia sa javí sekrečná teória, pretože je nepochybné, že potné žľazy sa zúčastňujú na určovaní základnej úrovne vodivosti kože (nie sú však jediným faktorom pri navodzovaní zmien v kožnej vodivosti).

V tejto súvislosti aspoň okrajovo spomenieme problematiku presnosti a spoľahlivosti detektora lži. Operátor detektora na základe merania fyziologických reakcií sledovanej osoby vidí, že osoba prežíva zvýšenú mieru aktivácie (čo sa prejaví v zvýšenej vodivosti kože, v zmenách srdcového rytmu, frekvencii dýchania a pod.). Nedá sa však povedať, akú konkrétnu emóciu osoba prežíva (strach, hnev a pod.) a už vôbec nie je možné stanoviť dôvod prečo táto emócia vznikla – je to pre to, lebo osoba sa bojí, že bude odhalený

trestný čin, ktorý spáchala? Alebo preto, že osoba je úzkostlivá a bojí sa, aby nebola omylom usvedčená z činu, ktorý nespáchala? V tejto súvislosti sa zvykne zdôrazňovať to, že na začiatku testovania musíme testovanú osobu presvedčiť o tom, že prístroj je spoľahlivý a dokáže presne odmerať či osoba hovorí pravdu alebo klame – tým sa minimalizuje šanca, že vznikne zbytočná obava z falošného obvinenia a na druhej strane, ak osoba klame, tak bude mať strach, že bude odhalená. Ľahko si však dokážeme predstaviť, že takto presvedčáme len tie osoby, ktoré s detektorom nemajú žiadne skúsenosti - ale na skúsených a sofistikovaných „profesionálnych“ podvodníkoch to vôbec neplatí, pretože o detektore majú všetko naštudované. Vhodné je aj to, ak sa otázky na testovanie pripravujú takým spôsobom, že osoba, ktorá podvod alebo trestný čin nespáchala vôbec nevie usúdiť, ktorá otázka je tá „kľúčová“ a ktorá je len kontrolná (toto pravidlo však výrazne závisí od kontextu a nie vždy sa dá aplikovať). Pri vyhodnocovaní odpovede nemôžeme povedať, že osoba hovorí pravdu len na základe toho, že pri odpovedi sme nenamerali žiadnu zvýšenú mieru aktivácie – je všeobecne známe napríklad to, že patologickí klamári neprežívajú pri klamaní žiadne výraznejšie emócie, podobne napríklad osoby s poruchou osobnosti nemusia prežívať strach alebo inú negatívnu emóciu (v niektorých prípadoch si dokonca napríklad prezentáciu fotografií z miesta trestného činu môžu užívať – čo by v ideálnom prípade mohlo pomôcť ich odhaleniu).

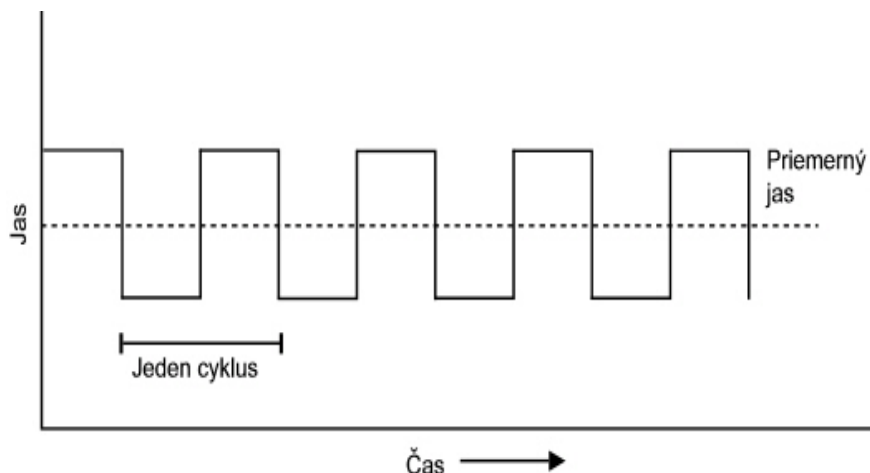
Výsledky mnohých experimentálnych výskumov potvrdzujú, že metóda kožnogalvanickej reakcie je výborným nástrojom na meranie intenzity emocionálnych procesov, sily psychického napätia a aktivity (zmeny v psychogalvanickom reflexe sú pravdepodobne skôr súčasťou určitej všeobecnej aktivácie organizmu ako výrazom nejakej špecifickej emócie). Doposiaľ však ani prostredníctvom tejto metódy nemožno vyvodzovať z veľkosti bio-elektrickej aktivity kože emocionálnu kvalitu. Toto nás privádza k záveru, že táto metóda môže byť veľmi spoľahlivá pri použití napríklad vo výskume, kde konkrétnu emóciu dokážeme vyvodiť z kontextu experimentálnej situácie (a samozrejme za predpokladu, že skúmaná osoba, ktorá sa výskumu zúčastní nemá dôvod svoje

emócie maskovať). Pri použití v praxi na odhaľovanie klamstva má však metóda merania kožno-galvanickej reakcie výrazné limitácie.

5 Meranie prahu splynutia (CFFT)

Výskum percepcie blikania (angl. flicker), teda schopnosti časového rozlišovania podnetov, má veľmi dlhú a bohatú históriu. Označuje sa ako meranie prahu splynutia (anglicky „critical flicker fusion threshold“ – z čoho pochádza skratka CFFT). Závislou premennou je hodnota rýchlosti prezentácie pulzujúceho svetelného zdroja, pri ktorej sa blikajúce svetlo prestáva javiť ako blikajúce a začne sa javiť ako plynulé svietenie (resp. úplne spojené svietenie bez zmeny intenzity). Táto hodnota, sa nazýva prah splynutia a reprezentuje časovú hranicu schopností vizuálneho systému rozlišovať meniace sa zrakové podnety (Haber, Hershenson, 1973). Metodika CFFT je v neuropsychologickom výskume i praxi široko používaná, pretože reflektuje kôrové funkcie, a to najmä aktivitu okcipitálneho a parietálneho laloka (Curran, Wattis, 1998).

V experimentoch s prahom splynutia spočíva prezentovaný stimul najčastejšie zo svetelného pulzu danej dĺžky a svietivosti, ktorý je opakovane prezentovaný s určitých časovým odstupom medzi dvomi pulzami (časový odstup medzi pulzami je rovnaký ako dĺžka svetelného pulzu). Takýto časový priebeh má tzv. pravouhlú formu (v angličtine označovanú ako square wave). Frekvenciu svetelných zábleskov môžeme špecifikovať ako počet cyklov svieti-nesvieti za jednu sekundu a vyjadrujeme ju v hertzoch (skratka Hz). Intenzita alebo amplitúda blikania je rozdiel najvyššej svietivosti svetelného zdroja a priemernej svietivosti štvorcového priebehu (Obr. 5.1). V prvotných výskumných prácach bola svietivosť v najnižšej fáze rovná nule, takže svetlo blikalo z úplne vypnutej pozície do maximálnej svietivosti, aj keď nie je nutné aby sa minimálna svietivosť rovnala nule. Priemerná svietivosť by teda bola priemerná hodnota medzi minimálnou a maximálnou svietivosťou (Haber, Hershenson, 1973).



Obr. 5.1 Zobrazenie pravouhlého priebehu blikajúceho signálu v čase.

Úlohou probanda je pozerat' sa a fixovať pohľadom blikajúce svetlo a povedať, či aktuálne vidí blikajúce alebo plynulo svietiace svetlo. Za predpokladu, že pri všetkých pokusoch zachováme ostatné hodnoty svetelného zdroja konštantné, lepšie časové rozlíšenie sa prejaví v tom, že svetlo bude musieť blikat' s vyššou frekvenciou aby proband nebol schopný zaznamenať blikanie. To znamená, že čím je prah splynutia vyšší (meraný ako frekvencia blikania zdroja pri ktorej už proband nie je schopný rozlíšiť blikanie od plynulého svietenia), tým je jeho časová rozlišovacia schopnosť pre tento typ podnetu vyššia. (Haber, Hershenson, 1973)

Jednou z najdôležitejších premenných, ktoré majú vplyv na časovú rozlišovaciu schopnosť je svietivosť (jas) svetelného zdroja. Probandi majú vyššiu hodnotu prahu splynutia, pokiaľ sa zvýši jas svetelného zdroja. Ak je jas veľmi nízky, teda v podmienkach tyčinkového videnia, kritická dĺžka trvania podnetu sa blíži 100 milisekundám. V prípade veľmi vysokého jasu svetelného zdroja (čapíkové videnie) môže hodnota prahu splynutia až 1/100 sekundy. Keby svetelný impulz trval iba 1/100 sekundy, dva impulzy by subjektívne splynuli iba keby sa vyskytli menej ako 1/100 sekundy od seba. Toto by znamenalo, že prahová frekvencia splynutia by bola 100 cyklov za sekundu, teda 100 Hz. V druhom

prípade, teda pri nízkom jase svetelného zdroja, dva svetelné pulzy môžu splynúť v prípade, že sa vyskytli až 1/10 sekundy od seba, takže do subjektívneho vnemu plynulého svietenia svetelného zdroja by splynuli svetelné pulzy z nízkou intenzitou svetla až pri frekvencii 10 Hz (Haber, Hershenson, 1973).

Keď porovnáme schopnosť časového rozlišovania v prípade, že ide o pravouhlý signál alebo signál so sínusovým priebehom, vo vyššom a strednom frekvenčnom pásme poskytujú oba spôsoby prezentácie podnetu rovnaké výsledky. Rozdiel nastáva v nižšom frekvenčnom pásme, kde máme vyššiu citlivosť na pravouhlý podnetový signál (Haber, Hershenson, 1973). Podnetové svetelné signály používané v bežných výskumoch sa zvyčajne pohybujú v strednom a vyššom frekvenčnom pásme.

História výskumu pomocou merania prahu splynutia blikania (CFFT) je za posledných cca 50 rokov veľmi obsiahla najmä kvôli objasňovaniu vplyvu psychoaktívnych liekov na centrálnu nervovú sústavu, pričom miera korelácie s mnohými inými metódami skúmania centrálnej nervovej sústavy je vysoká. Test nie je ovplyvniteľný kultúrnymi faktormi ani vzdelaním, je finančne nenáročný, dostatočne rýchly a ľahko sa administruje. Nie je ovplyvnený stropným ani podlahovým efektom a na jeho administráciu nie je potrebné príliš rozsiahle zaškoľovanie pracovníkov, preto patrí medzi jednu z najviac používaných techník v psychologickom výskume (Curran, a kol. 2004).

Metodika merania prahu splynutia bola už koncom štyridsiatych rokov dvadsiateho storočia používaná na zisťovanie mozgových lézií (predovšetkým lézie okcipitálneho a frontálneho laloka). Nádorové ochorenia postihujúce optický nerv, corpus callosum, mozgovú kôru vo frontálnej, parietálnej aj temporálnej oblasti tiež spôsobujú zníženie výkonu pri meraní prahu splynutia. Metodika CFFT je v neuropsychologickej praxi široko používaná, pretože reflektuje kôrové funkcie, presnejšie odráža najmä aktivitu okcipitálneho a parietálneho laloka. (Curran, Wattis, 1998).

V súčasnosti je vypracovaných niekoľko metód merania, ako napríklad metóda núteného výberu (angl. forced choice method),

metóda konštantného stimulu (angl. method of constant stimuli) a metóda limitov (angl. method of limits).

Metóda limitov spočíva v blikajúcom zdroji svetla so zvyšujúcou sa frekvenciou blikania až kým sa nezdá, že blikanie ustalo a svetelný zdroj svieti plynulo, tento moment sa označí ako prah stúpania. Pri hľadaní prahu klesania je situácia opačná a svetelný zdroj bliká so znižujúcou sa frekvenciou až kým sa nezdá, že nastal prechod od plynulého svietenia do blikania a tento moment sa tak isto zaznamená. Priemerná hodnota prahu stúpania a prahu klesania je potom prah splynutia blikania. Samotná administrácia má tiež niekoľko podôb a pre presné meranie je dôležité zabezpečiť splnenie niekoľkých nevyhnutných podmienok. Už zo starších štúdií bolo zrejmé, že prahová frekvencia pri ktorej už človek nie je schopný rozoznať blikajúci svetelný zdroj od nepretržite svietiaceho je ovplyvnený mnohými faktormi, ktoré je preto potrebné kontrolovať (Curran, Wattis, 1998). Tieto faktory zahŕňajú charakteristiky stimulu a subjektu, typ psychofyzikálnej metódy, zdravotná kondícia probandov, užívanie rôznych liečiv s pod. Dôležité je tiež používanie rovnakej testovej procedúry a testovacieho aparátu. Probandi s určitými zdravotnými problémami alebo užívajúcí určité lieky musia byť vylúčený zo vzorky, preto musia byť aj tieto premenné kontrolované. Chyba merania spôsobená reakčným časom probanda má za následok vyššie hodnoty namerané testom pri stúpajúcej frekvencii blikania a nižšie hodnoty pri meraniach klesajúcej frekvencie. Dôležité je tiež ošetriť efekt očakávania a časovej adaptácie u probandov, pretože hodnoty stúpajúcich meraní sú všeobecne nižšie než tie z klesajúcich meraní a práve tieto chyby sú väčšie ako iné zdroje chýb.

Kvôli dokresleniu celkového obrazu metodiky merania prahu splynutia uvádzame výsledky niekoľkých výskumov, v ktorých bola táto metodika použitá a priniesli zaujímavé zistenia.

Curran a Wattis (1998, 2000) považujú metódu merania prahu splynutia za vhodnú pre skoré diagnostikovanie demencie Alzheimerovho typu a vaskulárnej demencie. Aj keď môže blikajúce svetlo spustiť neuronálnu aktivitu v rôznych častiach vizuálneho systému (od sietnice po mozgovú kôru), predpokladá sa, že

schopnosť časového rozlišovania podnetov je principiálne určovaná okcipitálnou kôrou, keďže sietnicové neuróny odpovedajú na blikajúci signál až do frekvencie 120Hz. Aj keď výsledky získané meraniami prahu splynutia sú veľmi stabilné v čase (Parkin, Kerr, Hindmarch, 1997), tréningom zrakových schopností je možné dosiahnuť isté zlepšenie výkonu v teste (Seitz, a kol. 2005). Merania získané v rôznych obdobiach roka sa medzi sebou nedajú porovnávať, pretože výkon v teste je ovplyvnený ročnou dobou kvôli rôznej dĺžke a intenzite slnečného svitu počas roka (Łuczak, Sobolewski, 2005). Toto tiež platí pri meraniach v rôznych častiach dňa. Hindmarch a kol. (1998) skúmali vplyv čaju a kávy na výkon v teste a preukázalo sa, že obsah kofeínu nehrá úlohu pri zvyšovaní výkonu v teste pretože zlepšenie sa dostavilo po vypití čaju ale nie kávy. Výkon v teste je tiež citlivý na vek, pretože vo vyššom veku schopnosť časového rozlišovania signifikantne klesá (Hammond, Wooten, 2005). Hypnóza, pri ktorej sa nemá subjektívne vnímanie času nemá žiadny vplyv na výsledky testu prahu splynutia (Naish, 2001).

Pri experimentoch na laboratórnych zvieratách, meraním aktivity jednotlivých neurónov vizuálnej kôry Wellsová a kol (1999) zistili, že jednoduché bunky nie sú schopné reagovať na také vysoké frekvencie ako komplexné a hyperkomplexné bunky. Hale a Pinninti (1995) uvádzajú, že metóda merania prahu splynutia blikania je v psychofarmakológii vhodná na rozlíšenia jednoduchého sedačného účinku liečiv od liekmi navodeného zníženia kognitívnej výkonnosti. Jedna zo starších štúdií uvádza zaujímavý výsledok, že rozdiel medzi klesajúcim a stúpajúcim prahom splynutia je signifikantne väčší v zdravej populácii v porovnaní z klinickou vzorkou pacientov so psychickými poruchami. Čím je tento rozdiel menší, tým ťažší stav psychickej poruchy sa dá predpokladať (Barry, 1962).

Tomkiewicz a Cohen (1970) na základe predpokladov z predchádzajúcich výskumníkov použili metodiku merania prahu splynutia na potvrdenie nelinearity vzťahu medzi nabudením (arousal), ktoré manipulovali zvukovým podnetom (biely šum) a výkonom v senzorickom rozlišovaní. Následne toto nabudenie

overovali pomocou merania kožno-galvanickej vodivosti a výkon v senzorickom rozlišovaní merali pomocou prahu splynutia a výkonom v teste obrátených figúr (angl. figural reversal tasks). V skupinách probandov s vysokým a nízkym nabudením namerali nižšie prahy splynutia ako v skupine, ktorá pri meraní nabudenia dosahovala stredné hodnoty kožno-galvanickej vodivosti. Ich hypotéza, že pri zvýšení nabudenia u jednotlivých probandov s pôvodne nízkym nabudením dôjde aj ku zmene výkonu v senzorickom rozlišovaní sa nepotvrdila. Toto zistenie korešponduje s predchádzajúcimi zisteniami že pri zvýšení úzkosti sa u zdravých probandov pri intra-individuálnom porovnávaní prah vnímavosti nezvyší, na rozdiel od psychiatrických pacientov.

Pre ilustráciu uvádzame opis metodiky a procedúry merania CFFT, ktorú sme použili v našich výskumoch (Budáč, Špajdel, 2010; Budáč, Riečanský, Špajdel, 2014): Ako zdroj svetelného signálu sme použili dyfúznú (rozptylovú, matnú) svetelnú LED diódu so spektrálnym vyžarovaním približne 650nm, čo zodpovedá červenej farbe. Priemer diódy bol 5mm a prezentovaná bola v strede tabuľky s rozmermi 36x27 cm na homogénnom matne modrom pozadí. Tabuľka bola umiestnená vo vzdialenosti 70 cm a vo výške očí probanda. Táto konfigurácia priemeru svetelného zdroja a vzdialenosti od očí vytvára na očnej sietnici probanda obraz svetelného zdroja uhlovej veľkosti (uhlový priemer) $0,4^\circ$, čo pri fixácii očí naň zaručuje foveálne videnie zdroja blikania (centrálnym videním sú totiž dosahované nižšie hodnoty prahu splynutia ako pri periférnom videní). Tento svetelný zdroj bol riadený počítačom a ako riadiaci signál sme použili zvukové vlny s pravouhlým priebehom vygenerované pomocou softvéru NCH Tone Generator od spoločnosti NCH Software, ktorý umožňuje vytvárať zvukové vlny s rôznym priebehom a rôznou meniacou sa frekvenciou. Tento signál sme na výstupe zo zvukovej karty počítača pomocou zosilňovača zosilnili aby bol dostatočne silný na vstupe do svetelnej diódy.

Samotná experimentálna sekvencia spočívala v prečítaní inštrukcií, zácviaku merania prahu splynutia a troch blokov meraní prahu splynutia (pred prvým experimentálnym zásahom, po ňom

a po druhom experimentálnom zásahu). Každý z týchto blokov pozostával zo šiestich dvojíc meraní, pričom prvé meranie z dvojice bolo pri stúpajúcej frekvencii blikania a druhé pri klesajúcej frekvencii blikania. Spriemerovaním dvojíc sme získali šesť hodnôt frekvencie v každom bloku meraní.

Každé jednotlivé meranie, či už so stúpajúcou alebo klesajúcou frekvenciou blikania svetelného zdroja trvalo 28 sekúnd. Tento časový úsek nám umožnil získať priemernú hodnotu výkonu v CFFT počas jednej minúty po spriemerovaní dvoch meraní. Jednotlivé sekvencie blikaní začínali vždy na inej frekvencii a s klesaním frekvencie jedného hertza za jednu sekundu postupne prešlo blikanie z najvyššej frekvencie po najnižšiu, alebo opačne. Dôvod, prečo začínali jednotlivé sekvencie blikania svetelného zdroja na inej frekvencii bolo minimalizovať dopad efektu očakávania a časovej adaptácie na zaznamenaný výkon v teste. Tu uvádzame prehľad jednotlivých testovacích sekvencií podľa ich začiatkovej a konečnej frekvencie blikania (kompletný testovací blok po prvom a druhom experimentálnom zásahu):

15 Hz → 40 Hz, 38 Hz → 13 Hz, 13 Hz → 38 Hz, 42 Hz → 17 Hz,
17 Hz → 42 Hz, 40 Hz → 15 Hz, 13 Hz → 38 Hz, 40 Hz → 15 Hz,
15 Hz → 40 Hz, 42 Hz → 17 Hz, 17 Hz → 42 Hz, 38 Hz → 13 Hz

Výsledky nášho výskumu pomocou CFFT ukázali (Budáč, Špajdel, 2010), že v situáciách emocionálneho zaťaženia, ktoré spôsobujú emocionálne podmienené nabudenie, sa môže zhoršovať schopnosť časového rozlišovania podnetov. Preukázali sme medzipohľadné rozdiely v schopnosti časového rozlišovania vplyvom emocionálneho zaťaženia, kedy výkon klesá výraznejšie v skupine žien. Ďalšie empirické zistenia o vplyve emočného nabudenie na schopnosť časového rozlišovania sme publikovali v roku 2014 (Budáč, Riečanský, Špajdel, 2014). Medzi naše najdôležitejšie výsledky patrí zistenie, že emočné nabudenie zhoršuje schopnosť časového rozlišovania hlavne u tých osôb, ktoré dosiahli vysokú variabilitu v testoch reakčného času, ktorá zodpovedá vysokej miere neurotizmu. V našom výskume sa podarilo potvrdiť, že prostredie môže na základe vyvolania negatívnych emócií pôsobiť nielen na hierarchicky vyššie kognitívne procesy ako pozornosť,

myslenie, pamäť a pod. (čo je dostatočne výskumne preukázané), ale ovplyvňuje i hierarchicky najnižšie zrakové funkcie a procesy, ako sme preukázali v prípade časového rozlišovania podnetov.

Záver

Po prečítaní nášho učebného textu by mal mať čitateľ osvojené všetky najdôležitejšie informácie o vybraných prístrojových metódach. Pevne dúfame, že sme týmto textom čitateľa inšpirovali k tomu, aby sa nebál niektorú z metód použiť aj vo svojom vlastnom výskume. Vzhľadom na rozsiahlosť textu sme nemohli opísať všetky prístrojové metódy, ktoré sa používajú v psychologických výskumoch. Veríme, že v blízkej dobe sa nám podarí pripraviť druhý diel tohoto učebného textu, v ktorom opíšeme ďalšie prístrojové metódy (napr. snímanie elektrickej aktivity mozgu – EEG) a tiež detailnejšie priblížime rôzne možnosti a spôsoby analýzy dát z eyetrackingu.

Použitá literatúra

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.

ASBJORNSEN, A. - HUGDAHL, K. - HYND, G.W. (1990). The effect of head and eye turns on the right ear advantage in dichotic listening. *Brain and Language*, vol. 39, no. 3, p. 447-458. ISSN 0093-934X.

BRADLEY, M.M. - CODISPOTI, M. - CUTHBERT, B.N. - LANG, P.J. (2001) Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, vol. 1, no. 3, pp. 276-98. ISSN 1931-1516.

BRANCUCCI, A. - BABILONI, C. - BABILONI, F. - GALDERISI, S. - MUCCI, A. - TECCHIO, F. - ZAPPASODI, F. - PIZZELLA, V. - ROMANI, G. L. - ROSSINI, P. M. (2004). Inhibition of auditory cortical responses to ipsilateral stimuli during dichotic listening: evidence from magnetoencephalography. *European Journal of Neurosciences*, vol. 19, no. 8, pp. 2329-2336. ISSN 1460-9568.

BROADBENT, D. E. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, vol. 47, no. 3, pp. 191-196. ISSN 0096-3445.

BROADBENT, D. E. (1958). Perception and communication. New York: Pergamon Press, 338 s. ISBN 9781483225821.

BROZ, F. - LEHMANN, H. - NEHANIV, C. L. - DAUTENHAHN, K. (2012). Mutual gaze, personality, and familiarity: Dual eye-tracking during conversation. *IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (pp. 858-864). ISSN 1944-9445. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2012.6343859>

BROWN, W.M. - HINES, M. - FANE, B.A. - BREEDLOVE, S.M. (2002). Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. *Hormones and Behavior*, vol. 42, no. 4, pp. 380-386. ISSN 1095-6867.

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*(pp. 1-44). New York: John Wiley & Sons Ltd, 664 pp. ISBN 9780471912675.

BRYDEN, M. P., ALLARD, F. A. (1981). Do auditory perceptual asymmetries develop?. *Cortex*, vol. 17, no. 2, pp. 313–318. ISSN 0010-9452.

BRYDEN, M.P. (1962). Order of report in dichotic listening. *Canadian Journal of Psychology*, vol. 16, no. 4, pp. 291-299. ISSN 0008-4255.

BRYDEN, M.P. (1964). The manipulation of strategies of report in dichotic listening. *Canadian Journal of Psychology*, vol. 18, no. 2, pp. 126-138. ISSN 0008-4255.

BUDÁČ, S. - RIEČANSKÝ, I. - ŠPAJDEL, M. (2014). Emotional arousal and temporal resolution of the visual system. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, vol. 56, no. 3–4, pp. 79-86. ISSN 1338-4015.

BUDÁČ, S. - ŠPAJDEL, M. (2010). Medzipohlavné rozdiely v časovom rozlišovaní zrakových podnetov v závislosti od emocionálneho prežívania. In: D. Čechová. *Psychologica XL*. Bratislava: Univerzita Komenského, 193-204 s. ISBN 978-80-89236-93-0.

CANIGUER, R. - HAMILTON, A. - WARD, J. A. (2018). Don't Look at Me, I'm Wearing an Eyetracker! *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers (UbiComp '18)*, pp. 994–998. <https://doi.org/10.1145/3267305.3274123>

CURRAN, S. - WATTIS, J.P. (2000). Critical flicker fusion threshold: A potentially useful measure for the early detection of Alzheimer's disease. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, vol. 15, no. 2, pp. 103-112. ISSN 1099-1077.

CURRAN, S. - WATTIS, J.P. (1998). Critical flicker fusion threshold: a useful research tool in patients with Alzheimer's disease. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, vol. 13, no. 5, pp. 337-355. ISSN 1099-1077.

CURRAN, S. - WILSON, S. - MUSA, S. - WATTIS, J. (2004). Critical Flicker Fusion Threshold in patients with Alzheimer's disease and

vascular dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, vol. 19, no. 6, pp. 575-581. ISSN 1099-1166.

CZAKO, M. - SEEMANNOVÁ, M. - BRATSKÁ, M. (1982). *Kapitoly zo všeobecnej psychológie: emócie*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 200 s.

DAMM, O. - MALCHUS, K. - JAECKS, P. - KRACH, S. - PAULUS, F. M. - NABER, M., ... Wrede, B. (2013). Different gaze behavior in human-robot interaction in Asperger's syndrome: An eye-tracking study. *IEEE RO-MAN: The 22nd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (pp. 368-369). ISSN 1944-9437. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2013.6628501>

EDEN, G. - STEIN, J. - WOOD, H.M. - WOOD, F. (1994). Differences in eye movements and reading problems in dyslexic and normal children. *Vision research*, vol. 34, pp. 1345-58. ISSN 0042-6989.

FALTER, C.M. - ARROYO, M. - DAVIS, G.J. (2006). Testosterone: Activation or organization of spatial cognition? *Biological Psychology*, vol. 73, pp. 132-140. ISSN 1873-6246.

FELDMAN-BARRETT, L. - RUSSELL, J.A. (1998) Independence and bipolarity in the structure of affects. *Journal of personality and social psychology*, vol. 74, pp. 967-986. ISSN 0022-3514.

FRANCHAK, J. M. - KRETCH, K. S. - SOSKA, K. C. - ADOLPH, K. E. (2011). Head-Mounted Eye Tracking: A New Method to Describe Infant Looking. *Child Development*, vol. 82, no. 6, pp. 1738-1750. ISSN 1467-8624. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01670.x>

FREETH, M. - FOULSHAM, T. - KINGSTONE, A. (2013). What Affects Social Attention? Social Presence, Eye Contact and Autistic Traits. *PLOS ONE*, vol. 8, no. 1, e53286. ISSN 1932-6203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053286>

FU, X. - NELSON, E. E. - BERGE, M. - BUSS, K. A. - PÉREZ-EDGAR, K. (2019). Stationary and ambulatory attention patterns are differentially associated with early temperamental risk for socioemotional problems: Preliminary evidence from a multimodal eye-tracking investigation. *Development and Psychopathology*, vol. 31, no. 3, pp. 971-988. ISSN 1469-2198. <https://doi.org/10.1017/S0954579419000427>

GESCHWIND, N. - GALABURDA, A.M. (1985a). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: I. *Archives of Neurology*, vol. 42, pp. 428-459. ISSN 1538-3687.

GESCHWIND, N. - GALABURDA, A.M. (1985b). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: II. *Archives of Neurology*, vol. 42, pp. 521-552. ISSN 1538-3687.

GESCHWIND, N. - GALABURDA, A.M. (1985c). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: III. *Archives of Neurology*, vol. 42, pp. 634-654. ISSN 1538-3687.

GULLBERG, M. - HOLMQVIST, K. (1999). Keeping an eye on gestures: Visual perception of gestures in face-to-face communication. *Pragmatics and Cognition*, vol. 7, no. 1, pp. 35-63. ISSN 1569-9943. <https://doi.org/10.1075/pc.7.1.04gul>

GULLBERG, M. - HOLMQVIST, K. (2006). What speakers do and what addressees look at: Visual attention to gestures in human interaction live and on video. *Pragmatics and Cognition*, vol. 14, no. 1, pp. 53-82. ISSN 1569-9943. <https://doi.org/10.1075/pc.14.1.05gul>

GODDGLASS, H. - CALDERON, M. (1977). Parallel processing of verbal and musical stimuli in right and left hemispheres. *Neuropsychologia*, vol. 15, no. 3, pp. 397-407. ISSN 0028-3932.

HÄIKIÖ, T. - BERTRAM, R. - HYÖNÄ, J. - NIEMI, P. (2009). Development of the letter identity span in reading: Evidence from the eye movement moving window paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. 102, pp. 167-181. ISSN 1096-0457.

HABER, R. N. - HERSHENSON, M. (1973). *The psychology of visual perception*. New York: Holt, Rinehart & Winston. 431 pp. ISBN 978-0030202766.

HAMMOND, B. - WOOTEN, B. (2005). CFF thresholds: Relation to macular pigment optical density. *Ophthalmic & physiological optics (OPO)*, vol. 25, no. 4, pp. 315-319. ISSN 1475-1313.

HALE, A.S. - PINNINTI, N.R. (1995). Critical flicker fusion threshold and anticholinergic effects of chronic antidepressant treatment in remitted depressives. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, vol. 9, pp. 258-266. ISSN 1533-712X.

HENRY, R.G.J. (1979). Monoaural studies eliciting hemispheric asymmetry: A bibliography. *Perceptual and Motor Skills*, vol. 48, no. 1, pp. 335-338. ISSN 1558-688X.

HESSLS, R. S. - HOLLEMAN, G. A., KINGSTONE, A. - HOOGE, I. T. C. - KEMNER, C. (2019). Gaze allocation in face-to-face communication is affected primarily by task structure and social context, not stimulus-driven factors. *Cognition*, vol. 184, pp. 28-43. ISSN 0278-2626. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.12.005>

HAGEN, E. A. H. - BRIGHT, N. (2017). High autistic trait individuals do not modulate gaze behaviour in response to social presence but look away more when actively engaged in an interaction. *Autism Research*, vol. 10, no. 2, pp. 359-368. ISSN 1939-3806. <https://doi.org/10.1002/aur.1666>

HESSLS, R. S. - HOLLEMAN, G. A. - CORNELISSEN, T. H. W. - HOOGE, I. T. C. - KEMNER, C. (2018). Eye contact takes two – autistic and social anxiety traits predict gaze behavior in dyadic interaction. *Journal of Experimental Psychopathology*, vol. 9, no. 2. ISSN 2043-8087. <https://doi.org/10.5127/jep.062917>

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, 796 pp. ISBN 9780262582544.

HUGDAHL, K. - ANDERSON, L. (1984). A dichotic listening study of differences in cerebral organization in dextral and sinistral subjects. *Cortex*, vol. 20, no. 1, pp. 135-141. ISSN 0010-9452.

HUGDAHL, K. - BRONNICK, K. - KYLLINGSBAEK, S. - LAW, I. - GADE, A. - PAULSON, O. B. (1999). Brain activation during dichotic presentation of consonant-vowel and music instrument stimuli: a 15 O-PET study. *Neuropsychologia*, vol. 37, no. 4, pp. 445-457. ISSN 0028-3932.

HUGDAHL, K. - WESTERHAUSEN, R. (2010). *The two halves of the brain: Information processing in the cerebral hemispheres*. Cambridge: The MIT Press, 704 pp. ISBN 9780262014137.

CHAWARSKA, K. – MACARI, S. – SHIC, F. (2013). Decreased spontaneous attention to social scenes in 6-month-old infants later

diagnosed with autism spectrum disorders. *Biological Psychiatry*, vol. 74, pp. 195–203. ISSN 1873-2402.

JARIABKOVÁ, K. (1987). Metodika dichotickej stimulácie – verbálny variant. *Československá psychologie*, vol. 31, s. 296-300. ISSN 1804-6436.

JARIABKOVÁ, K. - ŠPAJDEL, M. - SÝKORA, P. - BROZMANOVÁ, M. (2010). Verbal dichotic listening in a child with acquired aphasia with convulsive disorder. *Psichoterapia 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. 270 s. ISBN 978-80-223-3555-3.

JARIABKOVÁ, K. - ŠPAJDEL, M. - PÁPAYOVÁ, M. - TIMÁROVÁ, G. (2014b). Verbal and nonverbal auditory processing in patients with temporal lobe epilepsy. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, vol. 56, no. 1-2, 43 pp. ISSN 1338-4015.

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.

JARIABKOVÁ, K. - ŠPAJDEL, M. - VARGOVÁ, I. (2006). Dichotic listening to verbal and nonverbal stimuli in patients with right brain and left brain lesions: a pilot study. In: F. Colombo, M.G. Cassitto, G.F. Goldwurm, S. Masaraki (Eds.). *Neuro-psycho-physiological and social research and interventions from an interdisciplinary point of view - Book of abstracts*. Milan: Mimesis, 41 pp.

JURÁSOVÁ, K. - ŠPAJDEL, M. (2011). Emocionálna reaktivita na filmové úryvky z hľadiska pohlavia a osobnosti (2011). In: Mária Bratská (Ed.). *Cesty k múdrosti* (s. 268-273). Bratislava: STIMUL, ISBN 978-80-8127-046-8.

JURÁSOVÁ, K. - ŠPAJDEL, M. (2013). Development and assessment of film excerpts used for emotion elicitation. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, vol. 55, no. 3, pp. 135-140. ISSN 1338-4015.

KALLAI, J. - CSATHÓ, A. - KOVÉR, F. -MAKÁNY, T. NEMES, J - HORVÁTH, K. - KOVÁCS, N. - MANNING, J.T. - NADEL, L. - NAGY, F. (2005). MRI-assesed volume of left and right hippocampi in females correlates with the relative length of the second and fourth fingers (the 2D:4D ratio). *Psychiatry Research: Neuroimaging*, vol. 140, pp. 199-210. ISSN 0925-4927.

KRAJMER, P. - ŠPAJDEL, M. - KUBRANSKÁ, A. - OSTATNÍKOVÁ, D. (2010). 2D:4D finger ration in Slovak Autism Spectrum Disorder population. *Bratislavské lekárske listy*, vol. 112, no. 7, pp. 377-379. ISSN 1336-0345.

KIMURA, D. (1961a). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, vol. 15, pp. 156-165. ISSN 0008-4255.

KIMURA, D. (1961b). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, vol. 15, pp. 166-171. ISSN 0008-4255.

KIMURA, D. (1963). Speech lateralization in young children as determined by an auditory test. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, vol. 56, pp. 899-902. ISSN 0021-9940.

KIMURA, D. (1964). Left ear differences in perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 16, pp. 355-358. ISSN 0096-3445.

KIMURA, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, vol. 3, pp. 163-168. ISSN 0010-9452.

KINSBOURNE, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, vol. 33, pp. 193-201. ISSN 0001-6918.

KOŠČ, M. (1987). *Right versus left hemisphere intelligence? A study with lateralized Raven's progressive matrices*. 2. vyd. Budapest: IBRO World Congress of Neuroscience.

KOŠČ, M (1995). *Varieties in lateralized visual presentation: Methodological Issues*. Bratislava: Seminar on Laterality Research, Nov 20-21.

KOŠČ, M. - MOLČAN, J. (1982). *Disorders of Right Hemisphere Spatial Functioning in Depression (poster)*. Lausanne: 1. World IBRO Congress, March 30-April 6.

KOŠČ, M. - MOLČAN, J. (1983a). *Asymetria cerebrálnych funkcií pri psychózach*. Karlove Vary: 1. celoštátna konferencia biologickej psychiatrie, 12.-15.9.

KOŠČ, M. - MOLČAN, J. (1983b). *Depression and the Right Hemisphere Spatial Performance*. Olomouc: European CIANS Conference, July 4-8.

KRAFT, R. H. (1982). Relationship of ear specialization to degree of task difficulty, sex and lateral preference. *Perceptual and Motor Skills*, vol. 54, pp. 703-714. ISSN 1558-688X.

KRAFT, R. H. - HARPER, L. V. - NICKEL, L. D. (1995). Stability and ear advantage for dichotically presented environmental sound stimuli during early childhood. *Perceptual and Motor Skills*, vol. 80, pp. 611-624. ISSN 1558-688X.

LANG, P.J. - BRADLEY, M.M. - CUTHBERT, B.N. (1998) Emotion, motivation, and anxiety: brain mechanisms and psychophysiology. *Biological Psychiatry*, vol. 44, no. 12, pp. 1248-63. ISSN 1873-2402.

LENČ, T. - ŠPAJDEL, M. - CIMROVÁ, B. (2015). Vnímanie rytmu u detí s dyslexiou: Pilotná štúdia na slovenskej populácii. In: I. Sarmány-Schuller. *Rozhodovanie v živote človeka - 33. Psychologické dni* (s. 157-163). Bratislava: Ústav experimentálnej psychológie SAV. 363 s. ISBN 9788088910534.

LEY, R. G. - BRYDEN, M. P. (1982). A dissociation of right and left hemispheric effects for recognizing emotional tone and verbal content. *Brain and Cognition*, vol. 1, pp. 3-9. ISSN 0278-2626.

LIM, V. K. - LAMBERT, A. - HAMM, J. P. (2001). A paradox in the laterality of melody processing. *Laterality*, vol. 6, pp. 369-379. ISSN 1464-0678.

LUCZAK, A. - SOBOLEWSKI, A. (2005). Longitudinal changes in critical flicker fusion frequency: an indicator of human workload. *Ergonomics*, vol. 48, no. 15, pp. 1770-1792.

LUTCHMAYA, S. - BARON-COHEN, S. - RAGGATT, P. - KNICKMEYER, R. - MANNING, J.T. (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development*, vol. 77, no. 1-2, pp. 23-28. ISSN 0378-3782.

MANNING, J.T. (2002). *Digit ratio: a pointer to fertility, behaviour, and health*. New Brunswick, NJ: Rutgers U. Press. 192 pp. ISBN 081353030X.

MANNING, J.T. - BARON-COHEN, S. - WHEELWRIGHT, S. - SANDERS, G. (2001). The 2nd to 4th digit ratio and autism. *Developmental Medicine and Child Neurology*, vol. 43, no. 3, pp. 160-164. ISSN 1469-8749.

MANNING, J.T. - BUNDRED, P.E. - NEWTON, D.J. - FLANIGAN, B.F. (2003). The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evolution and Human Behavior*, vol. 24, pp. 399-405. ISSN 1090-5138.

MANNING, J.T. - SCUTT, D. - WILSON, J. - LEWIS-JONES, D.I. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, vol. 13, pp. 3000-3004. ISSN 1460-2350.

MCINTYRE, M.H. (2006). The use of digit ratios as markers for perinatal androgen action. *Reproductive Biology and Endocrinology*, vol. 26, pp. 4-10. ISSN 1477-7827.

McKINNON, M. C. - SCHELLENBERG, E. G. (1997). A left-ear advantage for forced-choice judgements of melodic contour. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, vol. 51, pp. 171-175. ISSN 1196-1961.

MORAIS, J. - BERTELSON, P. (1975). Spatial position versus ear of entry as determinant of the auditory laterality effects: a stereophonic test. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 1, pp. 253-62. ISSN 1939-1277.

MERIN, N. - YOUNG, G. S. - OZONOFF, S. - ROGERS, S. J. (2007). Visual Fixation Patterns during Reciprocal Social Interaction Distinguish a Subgroup of 6-Month-Old Infants At-Risk for Autism from Comparison Infants. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 37, no. 1, pp. 108-121. ISSN 1573-3432. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0342-4>

NICHOLLS, M.E. - ORR, C.A. - YATES, M.J. - LOFTUS, A.M. (2008). A new means of measuring index / ring finger (2D:4D) ratio and its association with gender and hand preference. *Laterality*, vol. 13, pp. 71-91. ISSN 1464-0678.

OBRZUT, J. E. - BRYDEN, M. P. - LANGOVÁ, P. - BULMAN-FLEMINGOVÁ, M.B. (2001). Concurrent verbal and emotion laterality effect exhibited by normally achieving and learning disabled children. *Child Neuropsychology*, vol. 7, pp. 153-161. ISSN 1744-4136.

OKTEN, A. - KALYONCU, M. - YARIS, N. (2002). The ratio of second- and fourth-digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Early Human Development*, vol. 70, pp. 47-54. ISSN 0378-3782.

PARKIN, C. - KERR, J.S. - HINDMARCH, I. (1997). The Effects of Practice on Choice Reaction Time and Critical Flicker Fusion Threshold. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, vol. 12, no. 1, pp. 65-70. ISSN 1099-1077.

PHILIPS, D. P. - GATES, G. R. (1982). Representation of the two ears in the auditory cortex: A re-examination. *International Journal of Neuroscience*, vol. 16, pp. 41-46. ISSN 1563-5279.

PORTER, R.J. - HUGHES, L.F. (1983). Dichotic listening to CVs: Method, Interpretation and application. In: J. B. Hellige (Ed.). *Cerebral hemisphere asymmetry: Method theory and application* (pp. 177-218). New York: Praeger Publishers, 519 pp. ISBN 0030586380.

POPELKA S. (2018). *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

PRADO, CH. - DUBOIS, M. - VALDOIS, S. (2007). The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision research*, vol. 47, pp. 2521-30. ISSN 0042-6989.

RAJČÁNIOVÁ, E. - BELICA I. – KOPÁNYIOVÁ, A. – KMEŤ, M. (2018). Meranie očných pohybov (eye-tracking) u žiaka s dyslexiou. *Psychológia a patopsychológia dieťaťa*, vol. 52, no. 3-4, pp. 291-309. ISSN 0555-5574.

RAYNER, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 62, pp. 1457–1506. ISSN 1747-0218.

RAYNER, K. - POLLATSEK, A. - REICHLE, E. D. (2003). Eye movements in reading: Models and data. *Brain and Behavioral Sciences*, vol. 26, pp. 507–526. ISSN 1469-1825.

RUSELL, J.A. - BARRETT, L.F. (1999) Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant. *Journal of personality and social psychology*, vol. 76, no. 5, pp. 805-19. ISSN 1873-2402.

SCHMITT, L. M. - COOK, E. H. - SWEENEY, J. A. - MOSCONI, M. W. (2014). Saccadic eye movement abnormalities in autism spectrum disorder indicate dysfunctions in cerebellum and brainstem. *Molecular Autism*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13. ISSN 2040-2392.

SEITZ, A. - NÁNEZ, J. - HOLLOWAY, S. - WATANABE, T. (2005). Visual experience can substantially alter critical flicker fusion thresholds. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, vol. 20, pp. 55-60. ISSN 1099-1077.

STOYANOV, Z. - MARINOV, M. - PASHALIEVA, I. (2009). Finger length ratio (2D:4D) in left- and right-handed males. *International journal of Neuroscience*, vol. 119, pp. 1006-1013. ISSN 1563-5279.

ŠPAJDEL, M. – JÁNOŠÍKOVÁ, D. – NAVAROVÁ, S. (2019). Diagnostika porúch autistického spektra pomocou eyetrackingu. In: M. Špajdel (Ed.). *Acta Psychologica Tyrnaviensia 22-23*, Kraków: Towarzystwo Słowaków w Polsce, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 304 s. ISBN: 978-83-8111-026-6.

SPRINGER, S. P. (1986). Dichotic listening. In: H. J. Hannay (Ed.). *Experimental techniques in human neuropsychology*, New York: Oxford University Press. ISSN 0195054717.

ŠPAJDEL M. (2009). Dichotická stimulácia v kontexte neuropsychologického výskumu. Trnava: Filozofická fakulta, Trnavská univerzita v Trnave, 132 s. ISBN 9788080822804.

ŠPAJDEL, M. (2014). Predikujú prenátálne hladiny testosterónu sluchovopercepčnú lateralitu?. In: M. Špajdel: *Acta Psychologica Tyrnaviensia* 17-18 (s. 200-212). Kraków: Towarzystwo Słowaków w Polsce, Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 212 s. ISBN 978-83-7490-778-1.

ŠPAJDEL, M. (2016). *Medzipohlavné rozdiely v kognícii a funkčnej asymetrii mozgových hemisfér*. Trnava: Filozofická fakulta Trnavskej univerzity, 132 s. ISBN: 978-80-8082-956-8.

ŠPAJDEL, M. - JARIABKOVÁ, K. (2008). Metodika dichotickej stimulácie: neverbálne a verbálne úlohy. *Československá psychologie*, roč. 52, č. 2, s. 167-171. ISSN 1804-6436.

ŠPAJDEL, M. - JARIABKOVÁ, K. - KRAJMER, P. (2009). Verbal auditory processing in boys with specific reading disability. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, vol. 51, no. 3-4, pp. 156-158. ISSN 1338-4015.

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*, vol. 4, pp. 145-151. ISSN 0960-7560.

ŠPAJDEL, M. - JARIABKOVÁ, K. - RIEČANSKÝ, I. (2007). The influence of musical experience on lateralization of auditory processing. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, vol. 12, no. 6, pp. 487-499. ISSN 1464-0678.

ŠPAJDEL, M. - KOHÚT, Z. - CIMROVÁ, B. - BUDÁČ, S. - ROHÁRIKOVÁ, V. - RIEČANSKÝ, I. (2015a). *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. (2015b). *Cross-modal interaction in spatial attention*. In: *Cognitive neuroscience of auditory and cross-modal perception: Book of Abstracts* (s. 14), Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika. ISBN 978-80-8152-484-4.

ŠPAJDEL, M. - KRAJMER, P. - JARIABKOVÁ, K. (2007). *Sluchovopercepčná lateralita pri vývinovej dyslexii*. In: E. Klčovanská, E. Naništová (Eds.). *Psychológia pre život* (s. 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* (s. 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*, vol. 53, no. 3, pp. 148. ISSN 1338-4015.

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, 45 pp.

ŠPAJDEL, M. - RIEČANSKÝ, I. (2012). *Shifts in visual spatial attention affect dichotic listening*. *International Journal of Psychophysiology*, vol. 85, pp. 426. ISSN 0167-8760.

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*, vol. 69, no. 3, pp. 242-275. ISSN 0167-8760.

VALTAKARI, N.V. - HOOGE, I.T.C. - VIKTORSSON, C. - NYSTROM, P. - FALCK-YTTER, T. - HESSELS, R.S. (2021). *Eye tracking in human interaction: Possibilities and limitations*. *Behavior Research Methods*. ISSN 1554-3528. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01517-x>

VORACEK, M. - DRESSLER, S.G. (2007). *Digit ratio (2D:4D) in twins: heritability estimates and evidence for a masculinized trait expression in women from opposite-sex pairs*. *Psychological Reports*, vol. 100, pp. 115-126. ISSN 1558-691X.

VORACEK, M. - LOIBL, L.M. (2009). *Scientometric analysis and bibliography of digit ratio (2D:4D) research, 1998-2008*. *Psychological Reports*, vol. 104, pp. 922-956. ISSN 1558-691X.

WADA, J. - RASMUSSEN, T. (1960). Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance. *Journal of Neurosurgery*, vol. 17, pp. 266-282. ISSN 0022-3085.

doc. PhDr. Marián Špajdel, PhD.
Katedra psychológie, FF TU v Trnave,
Hornopotočná 23, SK-918 43 Trnava
marian.spajdel@truni.sk

Prístrojové techniky v psychologickom výskume 1

Vysokoškolské skriptá

Vydavateľ:

Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave
Hornopotočná 23, 918 43 Trnava
<http://ff.truni.sk/katedra-psychologie>

© Marian Špajdel, 2021

© Filozofická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2021

ISBN 978-80-568-0400-1

