

# Meranie kapacity vizuálnej priestorovej pracovnej pamäte a schopnosti filtrácie

Barbora Cimrová<sup>1,2</sup>, Igor Farkaš<sup>1</sup>, Peter Gergel<sup>1</sup>, Roman Rosipal<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centrum pre kognitívnu vedu FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

<sup>2</sup> Ústav normálnej a patologickej fyziológie CEM SAV, Sienkiewiczova 1, 813 71 Bratislava

<sup>3</sup> Ústav merania SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

{cimrova, farkas,gergel}@fmph.uniba.sk, roman.rosipal@savba.sk

## Abstrakt

Vizuálno-priestorové funkcie hrajú dôležitú úlohu v kognícii. V rámci výskumného projektu zameraného na testovanie vplyvu kognitívneho tréningu na virtuálnej realite na pracovnú priestorovú pamäť sme riešili implementáciu kognitívneho testu detekcie zmeny, v ktorom má proband detekovať zmenu orientácie na jednom z cieľových objektov vnímaných periférne. Súčasťou metodológie je aj návrh poloautomatizovaného detektora artefaktov (najmä sakádických pohybov očí), ktoré kontaminujú meranie, ak subjekt nežiaduco pohne očami smerom k cieľovému objektu počas jeho prezentácie.

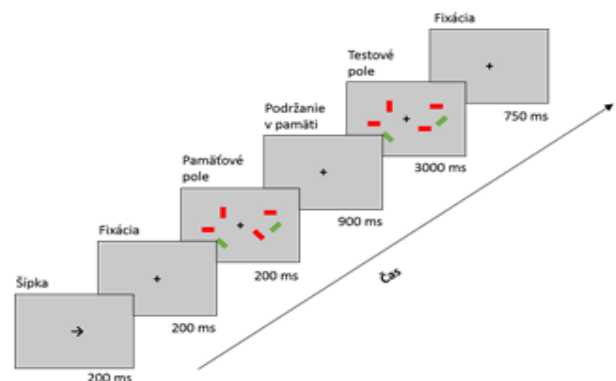
## 1 Testovanie vizuálno-priestorovej pozornosti

Vizuálna pracovná pamäť predstavuje aktívne udržanie informácie v pamäti, ktoré slúži pre potreby prebiehajúcej úlohy (Luck a Vogel, 2013). Je známe, že kapacita vizuálnej pracovnej pamäti je silne korelovaná s celkovým kognitívnym výkonom jednotlivca (Kyllonen a Christal, 1990) a aj z tohto dôvodu patrí k pomerne intenzívne skúmaným kognitívnym fenoménom, a to aj na úrovni svojich neurálnych korelátov a mechanizmov (Vogel a Machizawa, 2004). Vogel a Machizawa (2004) ukázali, že krivka elektroencefalografickej aktivity snímanej z temenných oblastí na jednej strane hlavy je úmerná počtu objektov, ktoré si meraný jedinec drží v pracovnej pamäti a pochádzajú z opačnej (kontralaterálnej) strany zorného poľa.

Na testovanie vizuálnej pracovnej pamäti sa štandardne používa úloha spozorovania zmeny (change detection task, CDT). V tejto úlohe je subjektu najskôr na krátku dobu prezentovaná vizuálna scéna (pamäťové pole) a po ďalšom časovom intervale, počas ktorého si má participant túto informáciu udržať v pamäti, sa mu opäť ukáže táto scéna (testové pole) buď nezmenená alebo s drobnou zmenou. Úlohou je určiť, či k zmene došlo alebo nie. Náročnosť tejto úlohy narastá s počtom objektov, ktoré sú na scéne prezentované. Maximálny počet objektov, ktoré si jedinec dokáže v pamäti udržať, sa nazýva kapacita pracovnej pamäte. V našom

projekte sme použili CDT z klasickej štúdie (Vogel a Machizawa, 2004), ktorá umožňuje odhaliť schopnosť participanta filtrovať irelevantné distrakčné podnety. Použili sme programovacie prostredie PsychoPy (Peirce a kol., 2019), ktoré umožňuje nadizajnovávať priebeh experimentu podľa ľubovoľných časových aj vizuálnych požiadaviek. Na zobrazenie sme použili monitor šírky 59,5 cm s rozlíšením 2560 x 1440. Subjekt sedel pred monitorom vo vzdialenosti 70 cm.

Schéma priebehu jedného pokusu je znázornená na Obr. 1. Keďže neurálny korelát pracovnej pamäte je lateralizovaný (dá sa namerať vždy iba z kontralaterálnej mozgovej hemisféry k polovici zorného poľa, z ktorej sa informácia drží v pamäti), celá úloha je nadizajnovaná tak, aby sa jedinec v každom pokuse sústredil iba na jednu stranu zorného poľa. To, ktorá strana bude pre daný pokus dôležitá, je naznačené šípkou (smerujúcou doľava alebo doprava) zobrazenou po dobu 200 ms na začiatku každého pokusu. Na danú stranu sa však subjekt musí sústrediť iba zameraním svojej pozornosti. Pohľad musí mať počas celého priebehu upriamený do stredu obrazovky (označeného fixačným krížikom). Po krátkej pauze (200 ms) sa tiež nakrátko zobrazí samotné pamäťové pole. V našom prípade je zložené z obdĺžnikov orientovaných v štyroch možných orientáciách (horizontálne, vertikálne alebo diagonálne v dvoch možných smeroch). Po zmiznutí pamäťového poľa je nutné udržať si v pamäti orientáciu všetkých cieľových obdĺžnikov na strane, predtým naznačenej šípkou. Cieľové obdĺžniky majú počas celého experimentu iba



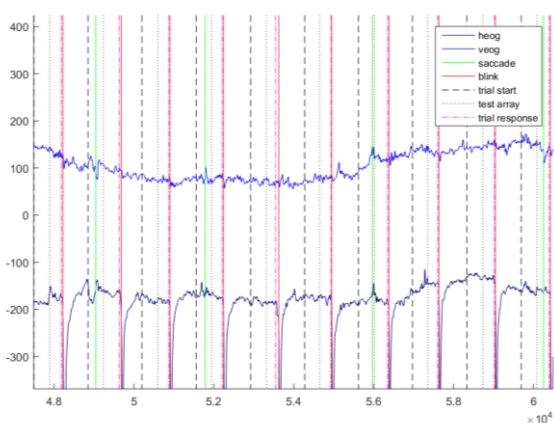
Obr. 1 Schéma jedného pokusu úlohy detekcie zmeny.

červenú farbu. Ďalšie prípadné obdĺžniky (modré alebo zelené) nie sú pre úlohu dôležité a slúžia na distrakciu (vyrušenie a sťaženie úlohy). Po skončení retenčného intervalu sa opäť zobrazí rovnaké pole obdĺžnikov, no jeden z červených obdĺžnikov mohol zmeniť orientáciu. Úlohou subjektov je označiť tlačítkom, či došlo alebo nedošlo k tejto zmene.

Na základe výsledkov z pilotných meraní sme v našom experimente použili v jednom pokuse buď dva, tri alebo štyri cieľové podnety (červené obdĺžniky) a buď žiaden alebo dva distraktory (zelené alebo modré obdĺžniky). Celkovo bolo počas jedného sedenia prezentovaných 240 pokusov v piatich blokoch s 3-minútovou prestávkou medzi blokmi. Jedno sedenie trvalo približne 30 minút.

## 2 Detekcia pohybu očí

Napriek inštrukciám, aby probandi počas testu zameriavali pohľad len na krížik v strede a pred odpoveďou tlačítkom nepohybovali očami, toto sa ukázalo nutné kontrolovať. Nežiaduce pohyby očí (žmurknutia a sakády – rýchle presunutia pohľadu pri zmene fixácie) spôsobujú artefakty kontaminujúce signál EEG, ale hlavne narúšajú podmienku experimentálneho dizajnu vyžadujúcu lateralizované vnemy. Preto sme navrhli poloautomatickú metódu na detekciu pohybu očí, založenú na generovaní riadených signálov EOG (elektrookulogram), keď proband mal podľa inštrukcií niekoľkokrát rýchlo pohnúť očami smerom k náhodne zvolenému statickému objektu na obrazovke, a potom stlačiť tlačidlo. Na základe toho sme potom mohli nastaviť individuálne prahy pre sakády a žmurknutia na základe vizuálnej analýzy predspracovaného signálu EOG (zaznamenávajúceho horizontálny a vertikálny pohyb očí). Predspracovanie signálu bolo inšpirované prácou



**Obr. 2** Ukážka výseku signálu s detekovanými sakádami (zelenou) a žmurkami (červenou). Horný signál predstavuje horizontálny, a dolný signál vertikálny EOG signál. Dôležité je, aby artefakt nenastal v “zakázanom pásme”, t.j. od začiatku pokusu (trial start) po odpoveď tlačítkom (trial response).

Toivanen, Pettersson, Lukander (2015), kde sa používali diferenčné signály, separátne pre horizontálny pohyb (zaznamenávajúci sakádu) a vertikálny pohyb (žmurk), pričom oba signály boli následne filtrované (pásmový filter od 0.1 do 5 Hz). Ukážka detekcie artefaktov pomocou navrhnutej metódy je na Obr. 2. Pokusy s detekovanými artefaktmi sa nezahŕňajú do ďalšej analýzy, ak ich je viac ako 20%, probanda nemožno zahrnúť do skupiny.

## 3 Záver

Predstavená implementácia úlohy spozorovania zmeny, spolu s riešením problému detekcie pohybu očí, sa ukázali ako použiteľné nástroje pre náš výskumný projekt zameraný na testovanie vplyvu kognitívneho tréningu vo virtuálnej realite na pracovnú priestorovú pamäť, ktorého protokol sme predstavili v inom článku (Korečko a kol., 2018).

## PodĎakovanie

Tento príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-16-0202.

## Literatúra

- Korečko Š., Hudák M., Sobota S., Marko M., Cimrová B., Farkaš I., Rosipal R. (2018). Assessment and training of visuospatial cognitive functions in virtual reality: proposal and perspective. V zborníku *9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, 39-43.
- Kyllonen, P. C. a Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?!. *Intelligence*, 14(4), 389-433.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391-400.
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 1-9.
- Toivanen, M., Pettersson, K., Lukander, K. (2015). A probabilistic real-time algorithm for detecting blinks, saccades, and fixations from EOG data. *Journal of Eye Movement Research*, 8(2):1,1-14.
- Vogel, E., Machizawa, M. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 428, 6984, pp. 748–751.