

Kontextuálna plasticita v lokalizácii zvukov

Veronika Piková

3A1b, 2017 – 2018

Abstrakt. Kontextuálna plasticita je forma adaptácie v sluchovej lokalizácii. V centrálnej nervovej sústave dochádza k zmenám, ktoré sa navonok prejavujú ako odchýlky vo vnímaní polohy prezentovaného stimulu. V experimente, ktorý je súčasťou tejto bakalárskej práce, je potrebné overiť, do akej miery je efekt kontextuálnej plasticity naviazaný na distribúciu stimulov.

Kľúčové slová: priestorové sluchové vnímanie, kontextuálna plasticita

1 Úvod

Vnímanie polohy zdroja zvuku je pre nás ľudí dôležité z viacerých hľadísk. Zvukom sa ku nám dostávajú informácie o okolitých predmetoch a dejoch. Niektoré majú iba oznamovací charakter a iné nás môžu varovať pred hroziacim nebezpečenstvom. Priestorová lokalizácia zvuku je zložitý mechanizmus, kde dochádza k spracovaniu na viacerých stupňoch sluchovej dráhy. Zvuk sa mení na ceste od zdroja až po bubienok a práve to nám pomáha identifikovať vzdialenosť, azimut a eleváciu odkiaľ sme zvuk počuli. Vďaka tomu, že máme dve uši a do každého dôjde zvuková vlna trochu rozdielne, vieme tento zdroj zvuku lokalizovať a v prostrediach s viacerými zdrojmi zvuku separovať jeden zvuk od ostatných [1].

Dnešné sluchové protetické zariadenia (napr. načúvacie strojčky, kochleárne implantáty) neumožňujú ľuďom so sluchovým postihnutím sústrediť sa na to, čo vraví jeden z vybraných hovoriacich v dave rečníkov. Tento nedostatok strojčiek v poskytovaní priestorového sluchového vnemu môžu vyriešiť nové poznatky v danej oblasti. Je potrebné zistiť, ako funguje priestorový sluch u zdravých ľudí aby sa priestorový vnem dal čo najpresnejšie sprostredkovať cez protetické zariadenia aj sluchovo postihnutým. Výsledok bakalárskej práce môže rozšíriť poznatky o adaptačných mechanizmoch priestorového sluchu.

Prvým cieľom bakalárskej práce je oboznámenie sa s doterajším výskumom ohľadom špecifickej formy adaptácie v priestorovom sluchu, tzv. kontextuálnej plasticity, ďalším bodom je príprava experimentálneho set-upu, následne na základe poskytnutých MATLAB skriptov naprogramovať experimentálnu procedúru na zber dát, nazbierať experimentálne dáta na nových subjektoch a na záver tieto dáta analyzovať a vyhodnotiť.

1.1 Prehľad súčasného stavu

Kontextuálna plasticita (CP) je forma adaptácie v priestorovom sluchovom vnímaní vyvolaná pôsobením predchádzajúcich stimulov. Kontextuálna plasticita bola prvýkrát opísaná v Kopco et al. (2007) [4], kde mal subjekt lokalizovať cieľový stimul (2ms klik), ktorý bol predchádzaný distraktorom (identickým klikom) prichádzajúcim zo známej polohy nemeniacej sa v rámci kola. CP sa prejavila ako posuny v lokalizácii cieľového zvuku po tom, ako sa medzi cieľový zvuk začal vmiešavať distraktor.

Sú známe dve hlavné hypotézy [2] ohľadom kontextuálnej plasticity:

1. Zmena distribúcie stimulov prostredníctvom distraktora
2. Mechanizmus podobný precedence effect buildupu

Zmena distribúcie stimulov prostredníctvom distraktora : Kontextuálna plasticita je spôsobená zmenou distribúcie stimulov vplyvom distraktora, pretože väčšina stimulov (práve distraktorových) je prezentovaných z jednej fixnej polohy. V experimente je potrebné vyhodnotiť, do akej miery súvisí kontextuálna plasticita s adaptáciou na distribúciu stimulov. Východisko tejto hypotézy je v myšlienke, že dochádza k odchýlkam v odpovediach kvôli zmene priemeru alebo rozptylu v distribúcii predchádzajúcich adaptačných zvukov, podobne ako pozoroval Dahmen et al. [3]

Mechanizmus podobný precedence effect buildupu : Druhá hypotéza vraví, že príčinou je mechanizmus podobný precedence effect buildupu [6] – Precedence effect je psychoakustický jav, ktorý sa prejavuje v prípade, že sú prezentované dva zvuky s veľmi krátkym vzájomným časovým oneskorením (pre jednoduché stimuly približne 2-5 ms). Tento jav sa prejavuje tak, že poslucháči namiesto 2 separátnych zvukov vnímajú jediný “zvukový objekt” a jeho vnímaná poloha je prevažne určená zvukovou vlnou prvého z prichádzajúcich zvukov. Precedence effect buildup je jav, ktorý popisuje, že precedence effect sa môže postupným opakovaním párov stimulov vybudovať aj pri takých vzájomných časových oneskoreniach stimulov, pri ktorých nebol na začiatku pozorovaný.

Experimentálny set-up je navrhnutý tak, aby sa dala táto hypotéza vylúčiť, keďže žiaden stimul nie je zložený z dvoch po sebe idúcich častí ako to bolo v predchádzajúcich experimentoch [4], kde hneď po distraktore zaznel target iba s krátkym oneskorením. Ak sa efekt kontextuálnej plasticity prejaví aj napriek tejto zmene, znamená to, že je úzko spätý s adaptáciou na distribúciu stimulov.

2 Návrh riešenia

2.1 Subjekty

Na experimente sa aktuálne podieľali 2 subjekty (výsledky budú neskôr doplnené o ďalších približne 8 subjektov). Všetci poslucháči udávajú normálne počutie a poskytli informovaný súhlas.

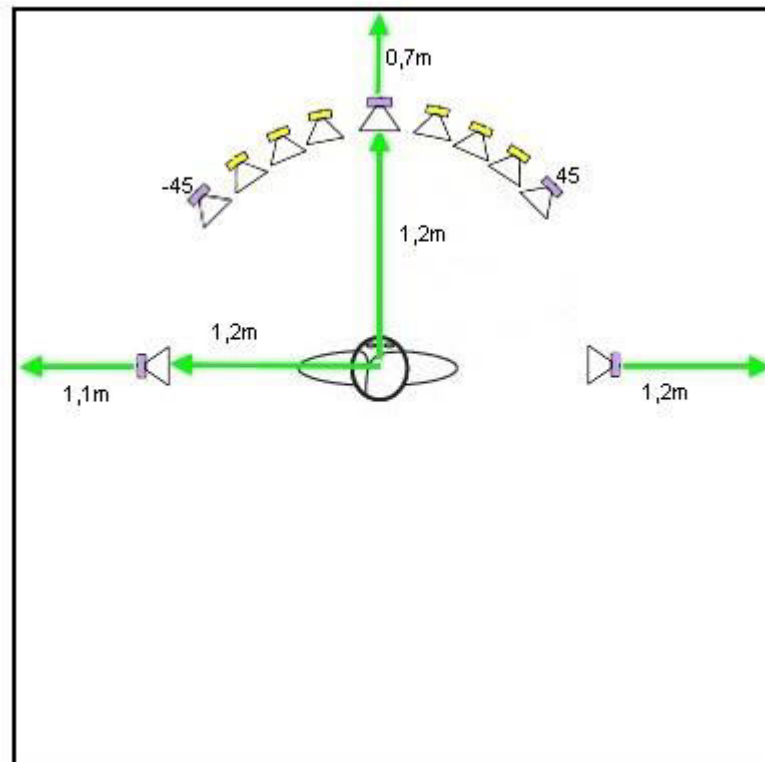
2.2 Prostredie

Poslucháči sú počas experimentu usadení do zatienenej miestnosti s hlavou podporetou operadlom. Jedenásť reproduktorov je umiestnených v polkruhu s polomerom 1,2m okolo poslucháča, ktorý sedí v strede polkruhu otočený tvárou k stredu (Obr. 1).

Distraktory sú umiestnené na 0° ; $\pm 90^\circ$; $\pm 45^\circ$. Targety sú postavené pod azimutom $\pm 11,25^\circ$; $\pm 22,5^\circ$; $\pm 33,75^\circ$, pričom 0° je presne v strede, napravo od stredu v pravom kvadrante sú kladné hodnoty a naľavo záporné. Nad reproduktormi je upevnený biely pás, na ktorý sa premietajú dvojčísla alebo kombinácia znaku a čísla zvislo nad sebou s rozstupom jedného stupňa, pás pokrýva rozsah -59 až 59 stupňov. Reproduktory sú skryté za akusticky transparentnou látkou, aby subjekt nemal tendenciu vyberať za odpovede iba tie dvoj-kombinácie, ktoré sú priamo nad reproduktormi.

Digitálne stimuly sú generované zvukovou kartou RME Fireface a posielané cez zosilňovač KNOLL MX1255 do reproduktorov. Subjekty odpovedajú na stimul zadáním dvojčísla na numerickú klávesnicu, ktoré zodpovedá miestu, odkiaľ stimul počuli. Poloha a natočenie hlavy pri odpovedaní sa kontroluje pomocou elektromagnetického trackera Polhemus LIBERTY. Medzi hlavné časti patrí prijímač, vysielač a SEU (systémová elektronická jednotka). Subjekt má mať pri zaznení

stimulu hlavu otočenú priamo pred seba, inak je subjekt prostredníctvom krátkeho výpisu informovaný o nesprávnom natočení hlavy.



Obr 1. Nákres rozloženia reproduktorov. Žltá farba – target, fialová – distraktor

2.3 Stimuly a experimentálna procedúra

Trial (t.j. jedno meranie) je tvorený prezentáciou stimulu a následnou odpoveďou subjektu. Stimul v triali môže byť dvoch typov:

- a) **Target** (cieľový zvuk) je stimul (2-ms šum), ktorý má subjekt lokalizovať. Zaznie vždy z náhodnej polohy.
- b) **Distraktor** (séria 12tich 2-ms šumov, identických ako target, s 98 ms rozostupmi) sa v rámci kola nemení, jeho úlohou je to, aby bola distribúcia stimulov v kole nerovnomerne rozmiestnená, to znamená, že väčšina

stimulov (distraktorové stimuly) zaznie z rovnakej polohy a ostatné (target stimuly) sa rovnomerne rozdelia. Tento stimul subjekt nelokalizuje, iba posunie procedúru na ďalší trial stlačením Enter.

Baseline je referenčné kolo, kde v každom triali znejú iba target stimuly alebo je prezentovaný “prázdny” stimul (tichá pauza).

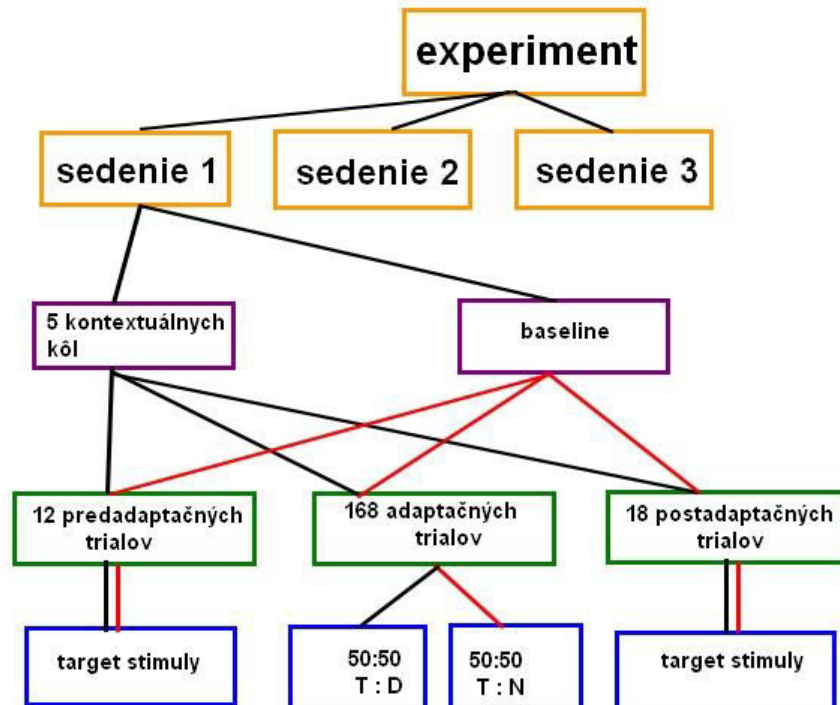
Kontextuálne kolo je tvorené zmiešaním trialov tvorených target stimulmi alebo distraktor stimulmi. Opovede subjektu na lokalizáciu targetu v tomto kole sa porovnávajú s lokalizáciou targetu bez vplyvu rušivého stimulu (distraktora) v baseline.

Experiment pozostáva z troch sedení trvajúcich približne 1 až 1.5 hodiny, ktoré sú vždy tvorené permutáciou 6 kôl (5 kontextuálnych kôl, každé s inou fixnou pozíciou distraktora a 1 baseline kolo) a jednotlivé kolá pozostávajú zo 198 trialov (Obr. 2). Každé kolo začína 12 predadaptačnými trialmi a končí 18 postadaptačnými trialmi, kde sa nevmiešava distraktor ani nulový signál.

V analýze kontextuálnych odchýlok sa používali jedine dáta z adaptačnej časti kontextuálnych kôl a im zodpovedajúca časť dát z baseline kola. Pred a post adaptačná časť dát bola použitá pri skúmaní vybudovania a doznievania efektu kontextuálnej plasticity.

Jednotlivé kolá experimentov pozostávali buď celé z trialov, kde zaznel iba target samostatne - baseline runs. V 50% trialov v “adaptačnej časti” baseline zaznel iba nulový signál o dĺžke kontextu, aby sa vyrovnal počet target alone trialov v baseline a v kontextuálnych kolách.

Kontextuálne kolá v adaptačnej časti tvorili z 50% target-alone trialy (náhodná poloha targetu) a z 50% kontextuálne trialy (iba distraktor z fixnej pozície) . Subjekt si mohol medzi jednotlivými kolami urobiť 5-10 minútovú prestávku.



Obr 2. Nákres štruktúry experimentu. T – target, D – distraktor, N – nulový stimul

3 Výsledky

3.1 Analýza dát

Pri analýze posunov (zatiaľ na 2 subjektoch) sa postupovalo v nasledujúcich bodoch:

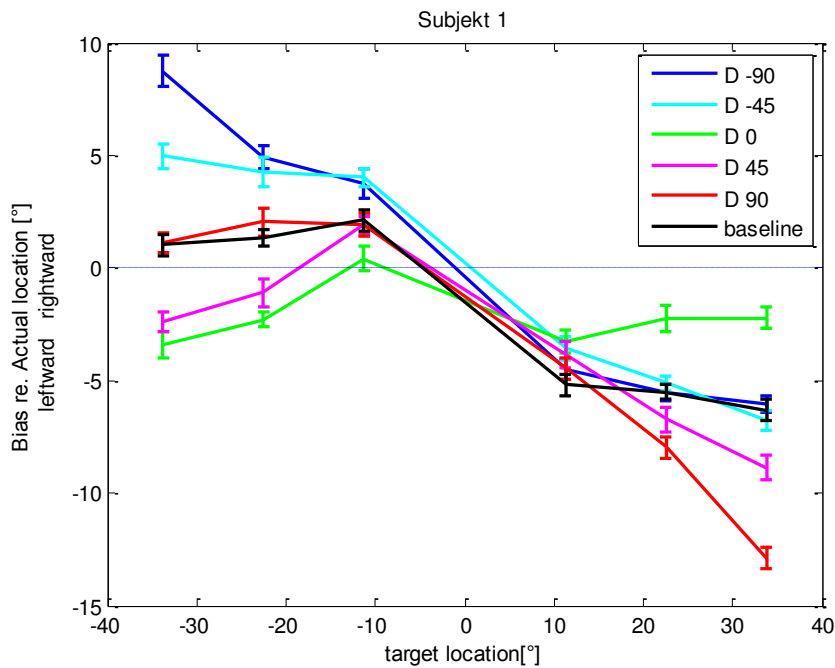
1, Vyrátať veľkosť posunov medzi skutočnou pozíciou targetov a odpoveďou, ktorú zadal subjekt.

2, Vyradiť tzv. outliers, teda odpovede, pri ktorých je veľká pravdepodobnosť, že sa subjekt pomýlil a odsúhlasil nesprávnu voľbu v dôsledku nepozornosti alebo preklepu. Medzi outliers sa rátajú hodnoty odchýlok, ktoré prekračujú hranicu

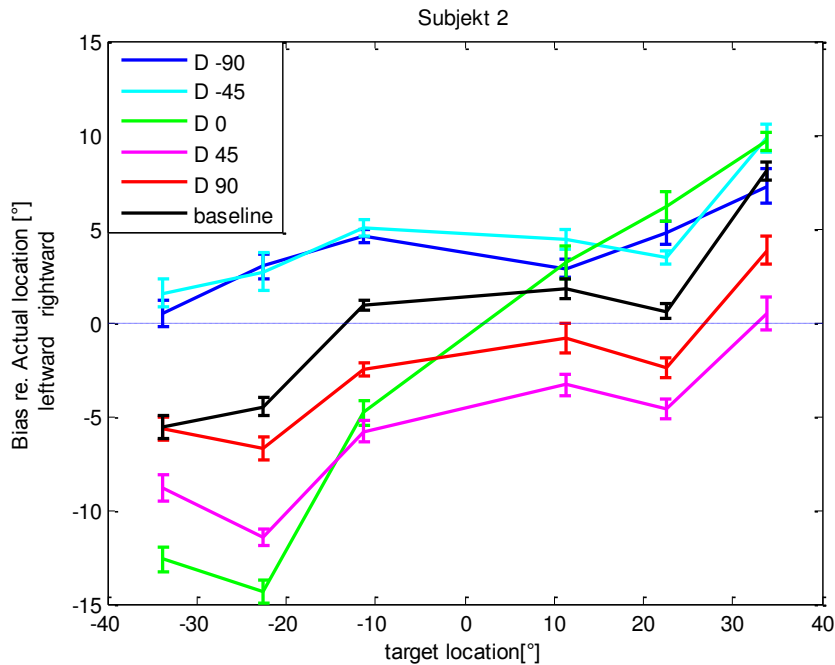
<mean-3*standard deviation, mean+3*standard deviation>. Mean je priemer cez všetky sedenia pre vybraný distraktor a target. Standard deviaton je štandardná odchýlka zodpovedajúca dátam pre vybranú distraktor a target pozíciu pre všetky sedenia.

3.2 Analýza odchýlky voči pozícii targetu

Základ analýzy spočíval v spriemernení veľkosti odchýlok cez všetky sedenia pre každý target a pre každú pozíciu distraktora. V tejto časti a taktiež v časti 3.3 sa robí analýza iba z adaptačnej časti jednotlivých kôl, pred a post-adaptačné trialy sa zahŕňajú až v analýze časového priebehu. Errorbary ukazujú štandardnú chybu priemeru cez jednotlivé trialy.



Obr. 3. Odchýlka voči aktuálnej pozícii targetu ako funkcia polohy targetu pre subjekt č. 1



Obr. 4. Odchýlka voči aktuálnej pozícii targetu ako funkcia polohy targetu pre subjekt č. 2

Subjekty v odpovediach prevažne podhodnocovali odpovede na stimuly, kde bol kontext tvorený distraktormi, ktoré sa nachádzali na 45 a 90 stupňoch (viď Obr. 3 a Obr. 4, D45 a D90). Môžeme pozorovať záporné hodnoty odchýlok takmer pri všetkých polohách targetov, avšak pre Subjekt 1 sa posun smerom doľava znižuje pre vzdialenejšie azimuty od distraktora, pre Subjekt 2 dochádza k znižovaniu veľkosti posunov pre azimuty bližšie k distraktoru.

Subjekty väčšinou nadhodnocovali azimuty pri podmienkach, keď znel distraktor z ľavej strany, (viď Obr. 3 a Obr 4., D-45 a D-90). Pri Subjekte 2 to platilo pre všetky azimuty, pri Subjekte 1 sa s narastajúcou vzdialenosťou postupne mení smer posunu na záporný.

Pri distraktore na 0 stupňoch (viď Obr. 3 a Obr. 4, D0) boli odpovede pri Subjekte 2 pre ľavé targety podhodnotenú a pre pravé nadhodnotenú. Pri Subjekte 1 boli všetky odpovede podhodnotenú, avšak veľkosť podhodnotenia/ nadhodnotenia závisela pri oboch subjektoch od vzdialenosti od distraktora (pre 22.5 stupňov bola najvýraznejšia).

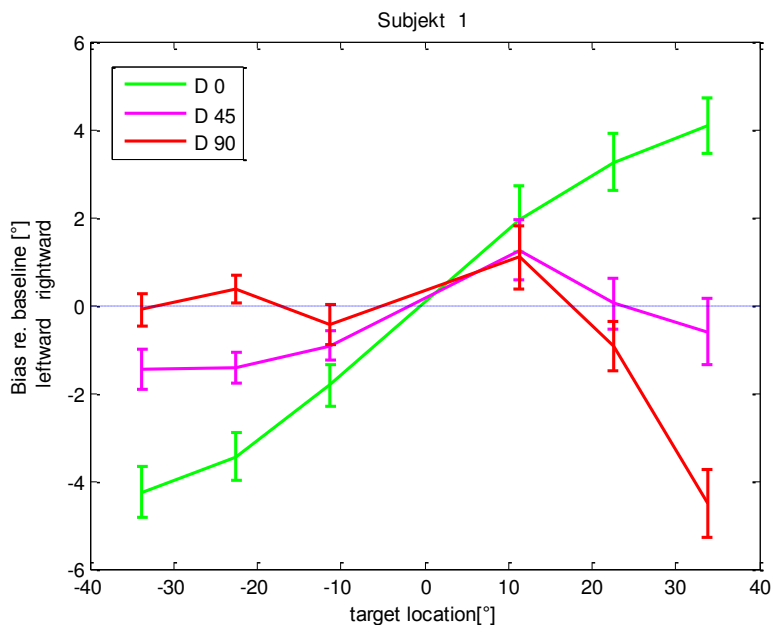
V baseline meraní (viď Obr. 3 a Obr. 4, baseline) pre Subjekt 1 platí, že smer posunu je pre ľavé azimuty doprava a pre pravé doľava. Pre subjekt 2 platí, že ľavé azimuty majú posuny smerom doľava a pravé doprava.

3.3 Analýza kontextuálnej odchýlky voči baseline

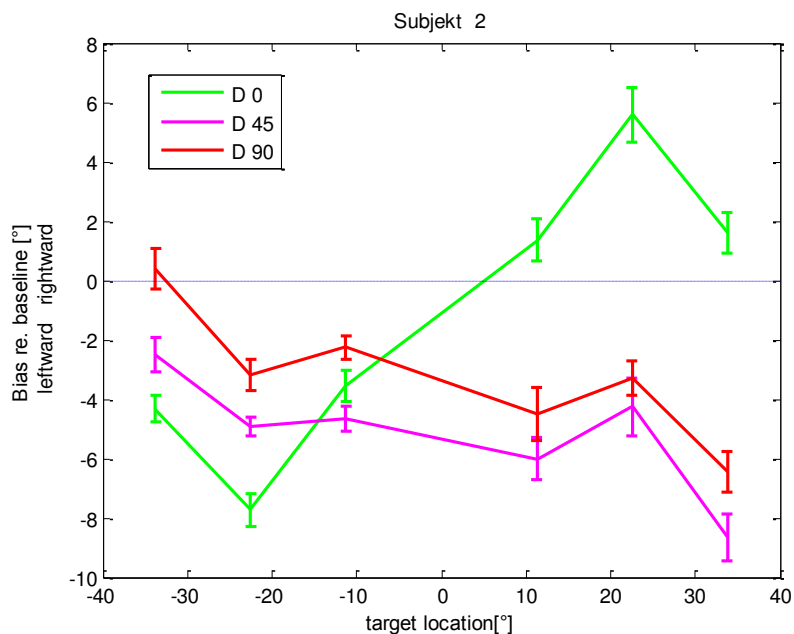
Pri analýze sme použili preklopené data, to znamená, že dáta pre ľavé pozície distraktorov sa preklopili napravo a následne sa zodpovedajúce odchýlky spriemernili.

Pre distraktor na 0 stupňoch platí, že dochádza k tzv. repulsion efektu, inými slovami odchýlke smerom od distraktora, ktorá narastá so vzdialenosťou od distraktora (viď. záporné odchýlky pre targety naľavo od distraktora a kladné odchýlky pre targety napravo od distraktora pre D0 v Obr. 5 a Obr. 6).

Pri distraktore na 45 stupňoch a 90 stuňoch, dochádza tiež k repulsion efektu, ktorý je najsilnejší na strane.



Obr 5. Odchýlka od baseline ako funkcia polohy targetu pre subjekt č. 1



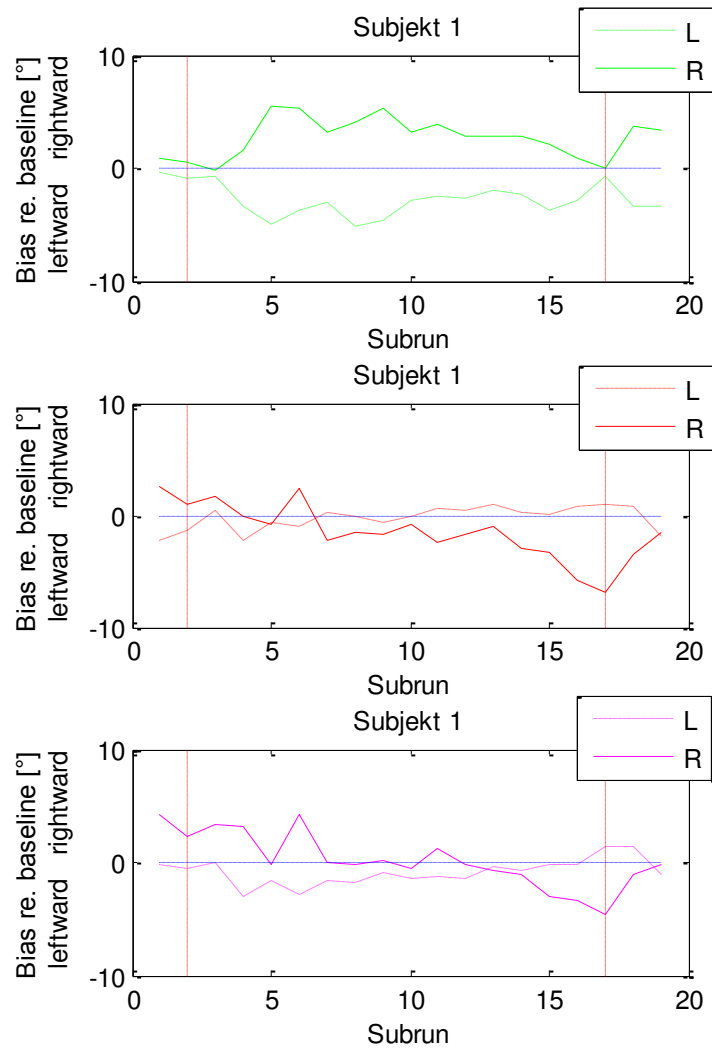
Obr. 6. Odchýlka od baseline ako funkcia polohy targetu pre subjekt č. 2

3.4 Časový priebeh CP

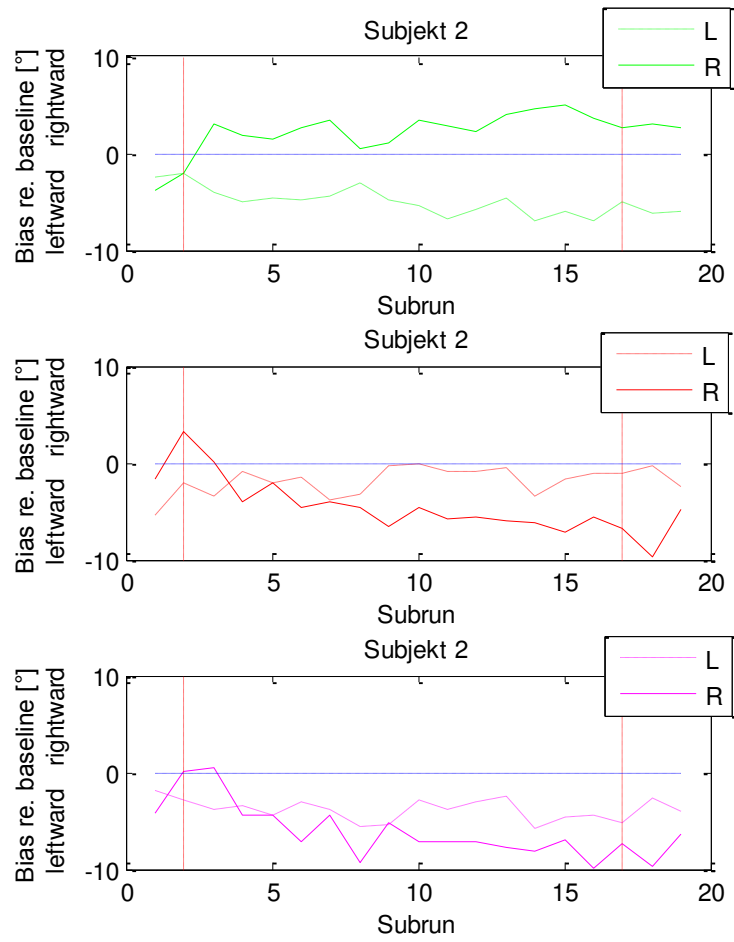
Táto časť sa venuje vybudovaniu a doznievaniu efektu CP v experimentálnych kolách. Každý podgraf na Obr. 7 a Obr. 8 reprezentuje časový priebeh odchýlok pre jeden typ distraktora. Target pozície sú rozdelené na ľavú a pravú podoblasť a spriemernené v rámci podoblasti.. Ľavé targety reprezentuje prerušovaná čiara, pravé spojité. Zvislou prerušovanou červenou líniou je odčlenená adaptačná časť od pred a post-adaptačnej.

Zelená farba znázorňuje distraktor na 0 stupňoch. Efekt CP má rýchly nástup a neskôr už nenarastá vôbec, vid' vrchný podgraf na Obr. 7, alebo len veľmi pomaly, vrchný podgraf, Obr. 8.

Červená farba znázorňuje distraktor na 90 stupňoch a ružová na 45 stupňoch. Oproti predchádzajúcej podmienke efekt CP sa buduje pomalšie, no v závere je výraznejší, vid' druhý a tretí podgraf na Obr. 7 a Obr. 8.



Obr 7. Časový priebeh, odchýlka od baseline ako funkcia subrunu



Obr. 8. Časový priebeh, odchýlka od baseline ako funkcia subrunu

4 Záver

Analýza doposiaľ nazbieraných dát (2 subjekty) zatiaľ naznačuje, že efekt CP sa nevytratil ani po nastolení takých podmienok, kde by nemohol nastať precedence effect buildup, preto je zatiaľ zmena distribúcie stimulov popísaná v časti 1.1 najpravdepodobnejšou príčinou vyvolania CP efektu. Po nazbieraní väčšieho množstva dát bude ľahšie spraviť jednoznačnejšiu analýzu.

PodĎakovanie. Týmto by som sa chcela poďakovať vedúcemu mojej práce, doc. Ing. Norbertovi Kopčovi PhD. a konzultantke Ing. Beáte Tomoriovej, PhD. za rady a odbornú pomoc pri príprave experimentu.

Literatúra

[1] Prezentácie k predmetu Úvod do neurovied: <https://pcl.upjs.sk/unv/>

[2] Hládek, L., Tomoriová, B., and Kopčo, N. (2017). [Temporal characteristics of contextual effects in sound localization](#). Journal of the Acoustical Society of America, 142, 3288–3296. ([journal link](#), doi: 10.1121/1.5012746).

[3] Dahmen, J. C., Keating, P., Nodal, F. R., Schulz, A. L., and King, A. J. (2010). “Adaptation to stimulus statistics in the perception and neural representation of auditory space,” Neuron 66, 937–948.

[4] Kopco, N., Best, V., and Shinn-Cunningham, B. G. (2007). “Sound localization with a preceding distractor,” J. Acoust. Soc. Am. 121, 420–432.

[5] William A. Yost, Fundamentals of Hearing, 3rd edition. Pp. 326. Harcourt Brace, 1994. ISBN 0 12 772690

[6] Freyman, R. L., Clifton, R. K., and Litovsky, R. Y. (1991). “Dynamic processes in the precedence effect,” J. Acoust. Soc. Am. 90, 874–884

[7] Brown, A. D., and Stecker, G. C. (2013). “The precedence effect: Fusion and lateralization measures for headphone stimuli lateralized by interaural time and level differences,” J. Acoust. Soc. Am. 133, 2883–2898.