

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu pri priestorovom  
počúvaní.

Daniel Husár

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2009

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Katedra kybernetiky a umelej inteligencie

**Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu pri  
priestorovom počúvaní.**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Daniel Husár

Vedúci diplomovej práce:

Ing. Norbert Kopčo, Ph.D.

Konzultant diplomovej práce:

Ing. Beáta Tomoriová

Košice 2009

# Analytický list

---

Autor: Daniel Husár

Názov práce: Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu pri priestorovom počúvaní.

Podnázov práce:

Jazyk práce: slovenský, anglický

Typ práce: Diplomová práca

Počet strán: 58

Akademický titul:

Univerzita: Technická univerzita v Košiciach

Fakulta: Fakulta elektrotechniky a informatiky (FEI)

Katedra: Katedra kybernetiky a umelej inteligencie (KKUI)

Študijný odbor: Umelá Inteligencia

Študijný program: Umelá Inteligencia

Mesto: Košice

Vedúci práce: Ing. Norbert Kopčo, Ph.D.

Konzultanti práce: Ing. Beáta Tomoriová

Dátum odovzdania: 7. máj 2009

Dátum obhajoby: 28. 5. 2009

Kľúčové slová: plasticita

Kategória konspekt: Výpočtová technika; Umelá inteligencia

Citovanie práce: Daniel Husár: Diplomová práca. Košice: Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu pri priestorovom počúvaní.  
Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2009. 58 s.

Názov práce v AJ: The influence of distractor location on contextual plasticity in spatial auditory perception.

Podnázov práce v AJ:

Kľúčové slová v AJ: plasticity

### **Abstrakt v SJ**

V mojej práci som sa zaoberal ako vplýva distraktor, čiže určitý rušivý podnet, v našom prípade zvuk na kontextuálnu plasticitu. Testoval som tri polohy tohto rušivého zvuku a to polohu kedy bol voči subjektu na nula stupňoch (frontálny), polohu keď bol voči subjektu na 45 stupňoch a polohu keď bol voči subjektu na 90 stupňoch (laterálny). Najprv som objasnil sluchové vnímanie u človeka, a naštudoval zatiaľ známe výsledky experimentov ktoré objasňujú vplyv distraktora na kontextuálnu plasticitu. Z mojich meraní som zistil som že najväčší vplyv na kontextuálnu plasticitu mal frontálny distraktor. Pre laterálny nastal taktiež posun aj keď menší, ale pre 45 stupňový distraktor nenastal takmer žiadny posun.

### **Abstrakt v AJ**

In this work I was concerning about distractor effect on contextual plasticity. In my case the distractor was a disturbing sound from three locations. First was from 0 degree (frontal), second from 45 degrees and last one from 90 degrees (lateral). I was studying auditory perception and for now known experiments which describing this effect of distractor. From my results I find out, that the biggest effect has frontal distractor. Later distractor revealed also effect but smaller. For 45 degrees distractor there was almost no effect.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH

Fakulta elektrotechniky a informatiky Katedra kybernetiky a umelej inteligencie

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študent: **Daniel Husár**  
Študijný odbor: **Umelá inteligencia**  
Akademický rok: **2008/2009**  
Názov práce v slovenskom a anglickom jazyku:

**Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu pri priestorovom počúvaní**  
**The influence of distractor location on contextual plasticity in spatial auditory perception**

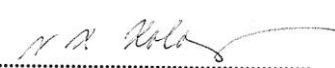
Pokyny na vypracovanie:

1. Vypracovať prehľad problematiky priestorového sluchového vnímania s dôrazom na priestorové faktory ovplyvňujúce adaptívne procesy pozorované v sluchových neurálnych štruktúrach.
2. Implementovať experimentálnu štúdiu vychádzajúcu zo štúdie N Kopčo, V Best, and BG Shinn-Cunningham (2007). Sound localization with a preceding distractor, Journal of the Acoustical Society of America, 121, 420-432.
3. Upraviť experimentálnu procedúru v prostredí MATLAB tak, aby bolo možné parametricky vyšetriť závislosť vzniku a zániku kontextuálnej plasticity na polohe distraktora.
4. Vykonať experimentálne meranie na minimálne 8 dobrovoľných ľudských subjektoch.
5. Analyzovať a vyhodnotiť experimentálne dáta.
6. Navrhnuť konceptuálny model popisujúci vplyv polohy distraktora na plasticitu sluchového vnímania.
7. Vypracovať dokumentáciu podľa pokynov vedúceho diplomovej práce.

Vedúci diplomovej práce:  
Konzultant diplomovej práce:  
Dátum odovzdania diplomovej práce:

Ing. Norbert Kopčo, PhD.  
Ing. Beáta Tomoriová  
7.5.2009

  
.....  
prof. Ing. Ján Sarnovský, CSc.

  
.....  
prof. Ing. Liberios Vokorokos, PhD.

**vedúci zadávajúceho  
vedecko-pedagogického pracoviska**

**dekan**

V Košiciach, dňa 31.10.2008

## **Čestné vyhlásenie**

Vyhlasujem, že som celú diplomovú prácu vypracoval samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice, 7. máj 2009

.....  
*vlastnoručný podpis*

## **Pod'akovanie**

Za pomoc pri vypracovaní tejto práce ďakujem vedúcemu mojej diplomovej práce Ing. Norbertovi Kopčovi, PhD., konzultantke Ing. Beáte Tomoriovej za pripomienky, usmernenia a odbornú pomoc. Taktiež by som rád poďakoval všetkým dobrovoľníkom, ktorí sa zúčastnili na experimentoch.

## Predhovor

Priestorové sluchové vnímanie je veľmi dôležité pre náš každodenný život. Dovoľuje nám lokalizovať dôležité, alebo užitočné objekty v prostredí a pomáha nám počuť dôležité stimuly ako napríklad partner pri počúvaní a potlačuje ostatné zvuky v hlučnom priestore. V dôsledku, aby toto bolo možné dosiahnuť v rôznych prostrediach a na rôznych úrovniach v ľudskom vývine, priestorovo sluchový systém musí byť plastický.

V mojej práci som sa rozhodol študovať túto plasticitu ľudského mozgu. Plasticitu som študoval z priestorového hľadiska a to prehrávaním rušivého zvuku z rôznych lokalizácií. Zvolil som si konkrétne tri lokalizácie a to 0 stupňov, 45 stupňov a 90 stupňov. Na základe týchto lokalizácií som mohol vyšetriť ako táto plasticita závisí od polohy rušivého zvuku.

Štúdium kontextuálnej plasticity je veľmi dôležité z viacerých hľadísk. Ak by sme ju úplne pochopili lekárom môže pomôcť pri liečbe hluchonemých ľudí. Predikovať túto plasticitu je veľmi dôležité aj z hľadiska umelej inteligencie. V dnešnej dobe už sú algoritmy ktoré slúžia na rozpoznávanie reči. Avšak akú výhodu ma človek oproti stroju? Pre nás ma zvuk nie len informačnú hodnotu vyplývajúcu z jeho významu, ale taktiež nám dáva aj informáciu o polohe v ktorej sa zvuk nachádza. A práve pre výpočet tejto polohy je dôležité najprv pochopiť ako tieto výpočty prebiehajú v ľudskom mozgu.



# Obsah

<b>Zoznam obrázkov .....</b>	<b>10</b>
<b>Zoznam tabuliek .....</b>	<b>11</b>
<b>Zoznam symbolov a skratiek .....</b>	<b>12</b>
<b>Slovník termínov .....</b>	<b>13</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>14</b>
<b>1 Formulácia úlohy .....</b>	<b>15</b>
<b>2 Zvuk .....</b>	<b>16</b>
2.1 Sluchové vnímanie .....	17
2.2 Interferencia zvuku .....	19
<b>3 Lokalizácia zvuku .....</b>	<b>22</b>
3.1 Analýza sluchovej scény .....	22
3.2 Súčasné vnímanie viacerých zvukov .....	22
3.3 Priestorový sluch .....	23
3.4 Pozornosť .....	26
3.4.1 Selektívna pozornosť .....	27
3.4.2 Dichotické počúvanie .....	27
<b>4 Kontextuálna plasticita .....</b>	<b>29</b>
4.1 Modely plasticity v priestorovom sluchovom vnímaní .....	29
4.1.1 Dlhodobá plasticita .....	30
4.1.2 Krátkodobá plasticita .....	30
4.2 Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu .....	30
4.3 Kontextuálna plasticita v priestorovej sluchovej mape a hypotézy .....	33
<b>5 Experimentálna časť .....</b>	<b>34</b>
5.1 Cieľ .....	34
5.2 Motivácia .....	34
5.3 Hypotézy .....	34
5.3.1 Hypotézy o distraktoroch na 0 a 90 stupňoch .....	34
5.3.2 Hypotézy o distraktore na 45 stupňoch .....	35
5.4 Návrh experimentu .....	35
5.5 Spôsob odpovedania .....	38
5.6 Analýza experimentu .....	39

5.6.1 Distraktor na 0 stupňoch.....	39
5.6.2 Distraktor na 45 stupňoch.....	44
5.6.3 Distraktor na 90 stupňoch.....	48
5.6.4 Porovnanie distraktorov medzi sebou .....	52
5.6.5 Analýza hypotéz.....	54
<b>6 Záver .....</b>	<b>56</b>
<b>Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>57</b>
<b>Prílohy.....</b>	<b>58</b>

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Oblasť počuteľných frekvencií zvuku .....	17
Obr. 2 Čistý tón alebo zvuk .....	18
Obr. 3 Kmitajúca struna.....	19
Obr. 4 Konštruktívna interferencia.....	20
Obr. 5 Deštruktívna interferencia.....	20
Obr. 6 Kombinácia zvukov s rôznou frekvenciou .....	21
Obr. 7 Binaurálne počúvanie .....	23
Obr. 8 Kužeľ nejednoznačnosti.....	24
Obr. 9 HRTF.....	26
Obr. 10 Frontálny distraktor [10].....	31
Obr. 11 Laterálny distraktor [10] .....	31
Obr. 12 Odpovede na lokalizáciu zvukov [13] .....	32
Obr. 13 Rozloženie kôl.....	36
Obr. 14 Ukážka preklopených dát.....	37
Obr. 15 Rozloženie reproduktorov v experimentálnej miestnosti .....	39
Obr. 16 Graf znázorňujúci posun voči skutočnej polohe .....	40
Obr. 17 Graf znázorňujúci posun voči nedistraktorovému kolu .....	41
Obr. 18 Graf znázorňujúci časový priebeh kola .....	42
Obr. 19 Frontálny distraktor - štúdia Shinn-Cunningham, Barbara, Gail [13].....	43
Obr. 20 Graf znázorňujúci posun distraktorových odpovedí a nedistraktorových .....	43
Obr. 21 Graf znázorňujúci posun voči skutočnej polohe .....	45
Obr. 22 Graf znázorňujúci posun voči nedistraktorovému kolu .....	46
Obr. 23 Graf znázorňujúci časový priebeh kola .....	47
Obr. 24 Graf znázorňujúci posun voči skutočnej polohe .....	48
Obr. 25 Graf znázorňujúci posun voči nedistraktorovému kolu .....	49
Obr. 26 Graf znázorňujúci časový priebeh kola .....	50
Obr. 27 Laterálny distraktor - štúdia Shinn-Cunningham, Barbara, Gail [13] .....	51
Obr. 28 Porovnanie distraktorových a nedistraktorových odpovedí.....	51
Obr. 29 Graf popisujúci distraktory navzájom pre typ kola 11-33 .....	52
Obr. 30 Graf popisujúci distraktory navzájom pre typ kola 56-78 .....	53
Obr. 31 Graf popisujúci distraktory navzájom pre typ kola 11-78 .....	54

---

## Zoznam tabuliek

Tab. 1 Typy kôl.....	35
----------------------	----

## Zoznam symbolov a skratiek

Db – Decibel

Hz – Hertz

Ms – Milisekunda

---

## Slovník termínov

**Laterálny** - postranný, bočný

**Frontálny** – čelný

**Subjekt** – Človek dobrovoľne zúčastnený na experimente

**Bias** – Vychýlenie sa

**Distraktor** – Rušivý zvuk (v našom prípade)

**Target** – Zvuk, ktorého lokáciu subjekt identifikuje

**Distrtarget** – Target ktorému predchádza distraktor

**Ukazovateľ** – Palica prepojená s počítačom, ktorou subjekt ukazoval smer odkiaľ vyšiel zvuk

**Subrun** – Časť kola, kedy boli prehrané zvuky zo všetkých pozícií reproduktora práve raz

**Subkolo** – To isté ako subrun

**Stimul** – Jeden prehratý zvuk

**Trial** – Jeden prehraný stimul

**Click** - Jeden prehratý stimul

## Úvod

V mojej práci som sa rozhodol venovať vplyvu polohy distraktora a rôznych pozícií z ktorých boli nasledovne stimuly prehrávané na kontextuálnu plasticitu. Mojou hlavnou motiváciou bolo to že v štúdií Kopco, Best, Shinn-Cunningham, ktorú mam vysvetlenú v štvrtej kapitole sa vykonal posun aj pre stimuly ktorým nepredchádzal distraktor. Tento posun je dokonca väčší ako pre stimuly ktorým predchádzal distraktor, preto je jasné že naša sluchová mapa je plastická.

Štúdium tejto plasticity je veľmi dôležitý z viacerých hľadísk. Ja som sa zameral na priestorové charakteristiky ktoré vplyvajú na plasticitu. Ak by sme vedeli túto konceptuálnu plasticitu modelovať za všetkých podmienok, dokázali by sme ju veľmi ľahko aj predikovať. A práve predikcia tejto plasticity a jej následná aplikácia je dôležitá, a môže byť prínosom pre všetky odvetvia.

Moju prácu som sa rozhodol začať opisom zvuku, ako vzniká a z čoho sa skladá. Veľkú časť som venoval lokalizácii zvuku a faktorov ktoré ju ovplyvňujú. Podkapitolu som venoval aj pozornosti ktorá je taktiež nemenej dôležitá pri lokalizácii zvuku.

Zaoberal som sa doterajšími poznatkami a experimentmi ktoré študovali kontextuálnu plasticitu. Zameral som sa na predchádzajúcu štúdiu Kopco, Best, Shinn-Cunningham ktorá skúmala aj ako poloha distraktora ovplyvňuje kontextuálnu plasticitu.

Najdôležitejšou časťou mojej práce bola experimentálna štúdia ktorú som implementoval a na základe ktorej som vyhodnotil ako vplyva poloha distraktora na kontextuálnu plasticitu. V závere som zhrnul všetky nadobudnuté poznatky a výsledky vyhodnotil.

## 1 Formulácia úlohy

Teoretickou časťou mojej práce bolo vypracovať problematiku priestorového sluchového vnímania. Základom toho je analýza sluchovej scény a charakteristiky ktoré náš sluchový systém používa na lokalizáciu zvuku. Zameral som sa na štúdie ktoré skúmali ako priestorové faktory ovplyvňujú sluchové vnímanie. V predchádzajúcich experimentoch bolo ukázané, že naša sluchová mapa je plastická a že závisí od polohy distraktora. Tento distraktor bol prezentovaný v podobe rušivého zvuku po ktorom nasledoval zvuk, ktorého lokáciu mal subjekt identifikovať.

V mojom experimente som testoval ako vplýva poloha distraktora, ktorý bol aj v našom prípade rušivý zvuk na kontextuálnu plasticitu. Testoval som taktiež ako vplýva aj poloha stimulov ktorým predchádza distraktor na kontextuálnu plasticitu. Testoval som tri polohy distraktora a tri polohy stimulov ktorým tento distraktor predchádzal. Aby to bolo možné upravil som experimentálnu procedúru v prostredí Matlab a vykonal merania na piatich dobrovoľných ľudských subjektoch. U meraných subjektoch sa vyvolala krátkodobá plasticita opätovne v každom kole a počas celého experimentu.

Namerane dáta som zanalyzoval a graficky ich vykreslil. V závere som vyhodnotil namerane dáta a načrtnol môj prínos do danej problematiky.



## 2 Zvuk

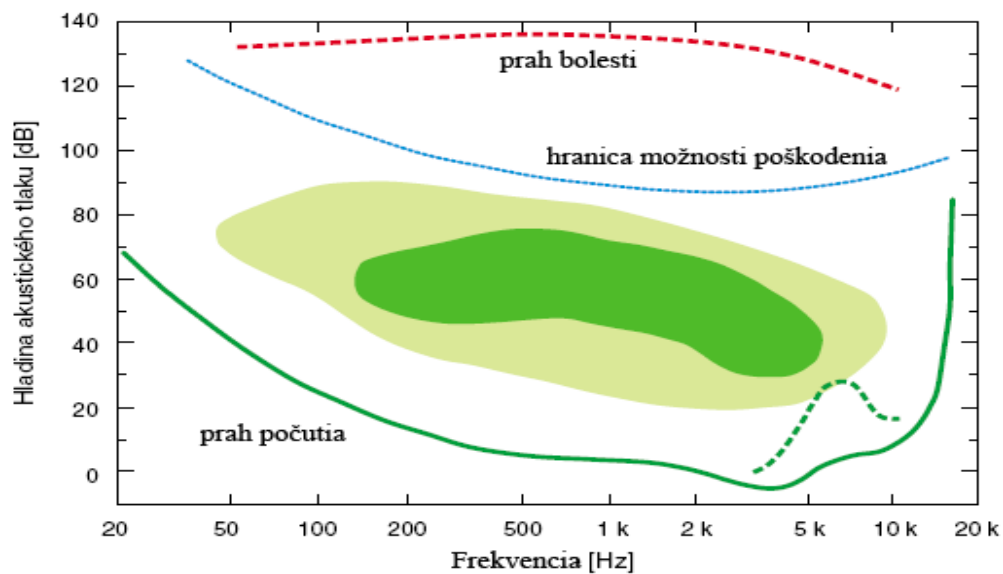
Úvod do teoretických poznatkov začnem analýzou zvuku a jeho vlastností. V mojom experimente skúmam plasticitu sluchového systému ktorý je zodpovedný za spracovanie zvuku, preto je dôležité začať zvukom a jeho vlastnosťami. Zvuk ako základ sluchového vnímania popisujeme ako mechanické vlnenie hmotného prostredia vnímateľné sluchom, teda je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem. Frekvencia takéhoto zvuku je približné 20 Hz až 20 kHz, viac už človek nie je schopný vnímať. Existujú aj zvuky mimo tohto spektra a tie nazývame ultrazvuk, infrazvuk..

Zvuk vzniká kmitaním hmoty, ktorá toto kmitanie odovzdáva hmotným časticiam v prostredí, ktoré ho obklopujú. Je teda logické, že zvuk sa šíri len v hmotnom prostredí.

Rýchlosť zvuku je rýchlosť akou sa zvukové vlny šíria prostredím. Najväčší vplyv na rýchlosť zvuku má teplota prostredia. Pre vzduch s atmosférickým tlakom 1 013,25 hPa v nulovej nadmorskej výške pri teplote 20 °C je rýchlosť šírenia zvuku  $c = 343$  m/s.

Zdroj zvuku je zdroj zvukového vlnenia a prostredie v ktorom sa zvuk šíri nazývame vodič zvuku. Zdrojom zvuku je kmitajúce teleso, kde dôležitou vlastnosťou je jeho tvar a tvar okolia v ktorom sa nachádza.

Hladina zvuku sa meria v dB, a ich výšku určuje frekvencia.

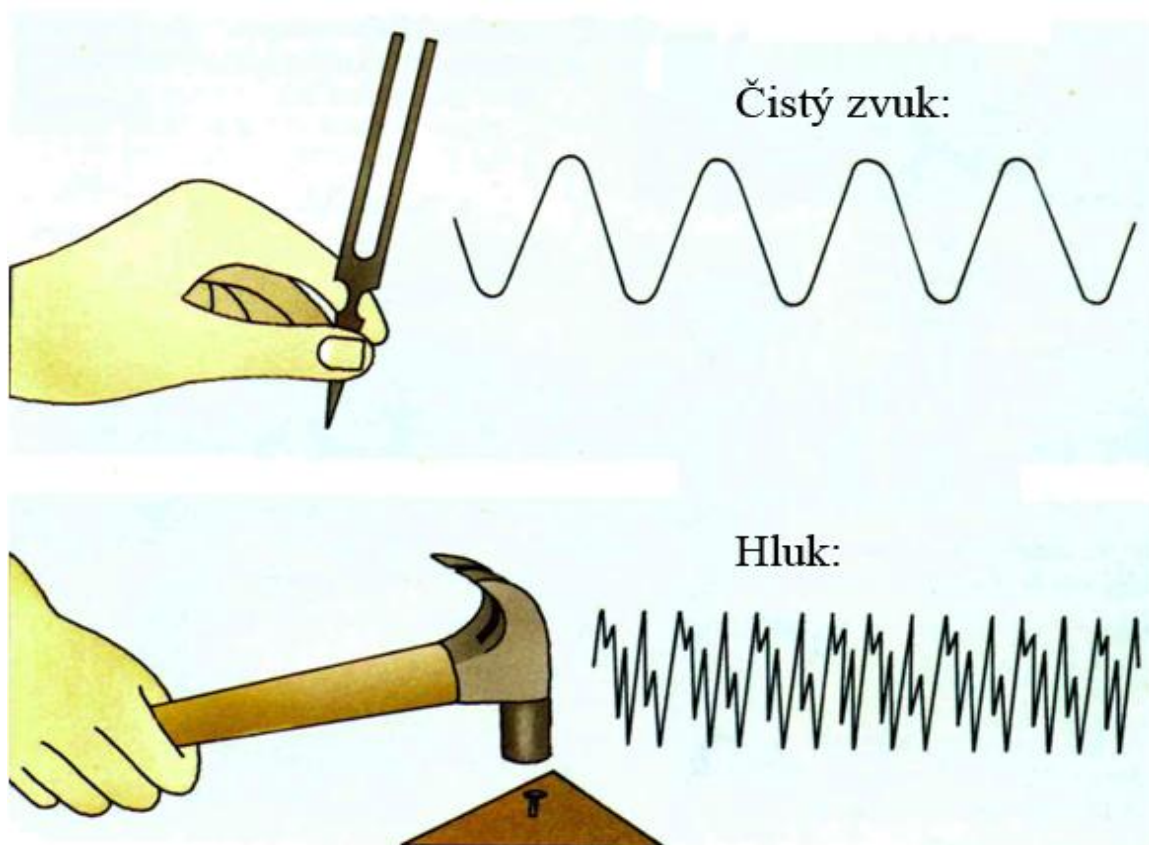


Obr. 1 Oblasť počuteľných frekvencií zvuku

## 2.1 Sluchové vnímanie

Dôležitým bodom ktorý môže ovplyvniť lokalizáciu zvuku a teda aj našu sluchovú mapu je sluchové vnímanie.

Zvuk ako taký z hľadiska vnímania možno rozdeliť na hudobne tóny a nehudobné hluky. Tóny sa používajú v hudbe a teda zdrojom tónov v hudbe môžu okrem hlasiviek byť aj hudobné nástroje. Hluk je nepravidelné vlnenie ktoré vzniká ako zložené nepravidelné kmitanie telies.



Obr. 2 Čistý tón alebo zvuk

Sluchové vnímanie je subjektívny zážitok pretože to čo počujeme sa líši od toho čo sa fyzicky dostalo do našich uší. Vnímanie zvuku závisí od jeho troch zložiek ktorými sú:

1. Zdroj zvuku
2. Prostredie v ktorom sa zvuk šíry
3. Poslucháč

Zdroj zvuku zvukového vlnenia sa teda nazýva zdroj zvuku. Zdrojom zvuku je pružné teleso, ktoré sa chveje a teda toho chvenie sa prenáša do prostredia a tým vzniká zvukové vlnenie. Zdrojom zvuku môže byť okrem telies kmitajúcimi vlastnými kmitmi aj telesa s vynútenými kmitmi. Sú to napríklad slúchadla, reproduktory..



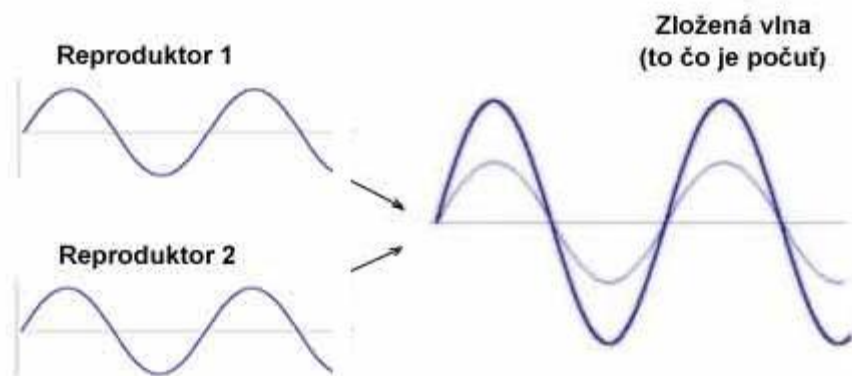
Obr. 3 Kmitajúca struna

Zvuk sa šíri len pružným prostredím ľubovoľného skupenstva. Najčastejšie je to vo vzduchu, avšak šíri sa aj vo vode a v pevných skupenstvách. Kmity, ktoré zvuk vytvárajú nie sú výsledkom celého objemu „tam a späť“. Ak by to platilo, celá atmosféra by sa musela hýbať pri vytvorení aj najmenšieho zvuku. Namiesto toho sa kmity objavujú medzi jednotlivými molekulami látky a šíria sa vo forme zvukových vln. Zvukové vlny sa šíria tak, že jedná molekula vráža do druhej a vracia sa do pôvodnej polohy. Ku kmitavému pohybu molekúl, zapríčinenému v pevných látkach nedochádza, pretože vzdialenosti medzi molekulami sú mnohokrát väčšie ako v kvapalinách. Pohyb molekúl v plyne je neusporiadaný a pri konštantnom tlaku rýchlosť molekúl závisí od teploty. [1]

## 2.2 Interferencia zvuku

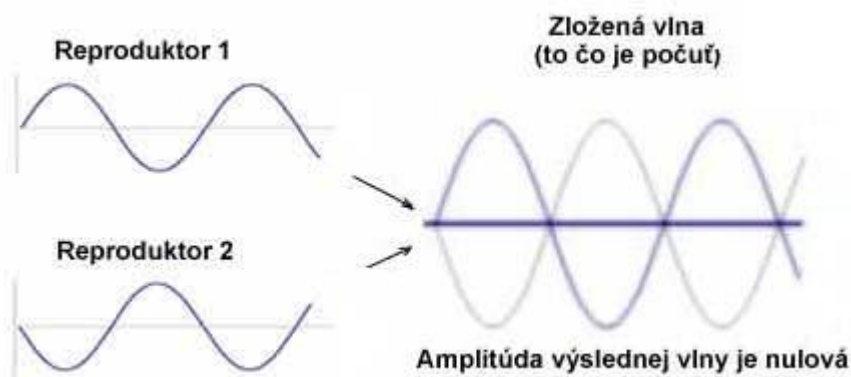
Ak sú dva zdroje umiestnené od rovnako od poslucháča a vydávajú rovnaký zvuk, pričom ich vlnová dĺžka je 1m a tieto zdroje vibrujú synchronne. Vtedy sa zhluky zvukovej vlny jedného zdroja stretávajú v tom istom okamžiku s vlnami z druhého zdroja. Vtedy pre tieto zvuky platí lineárna superpozícia, ktorá hovorí, že výsledná vlna

sa rovná sumácii jednotlivých vln. Nárast amplitúdy reprezentuje nárast hlasitosti zvuku. Vtedy nastáva konštruktívna interferencia.



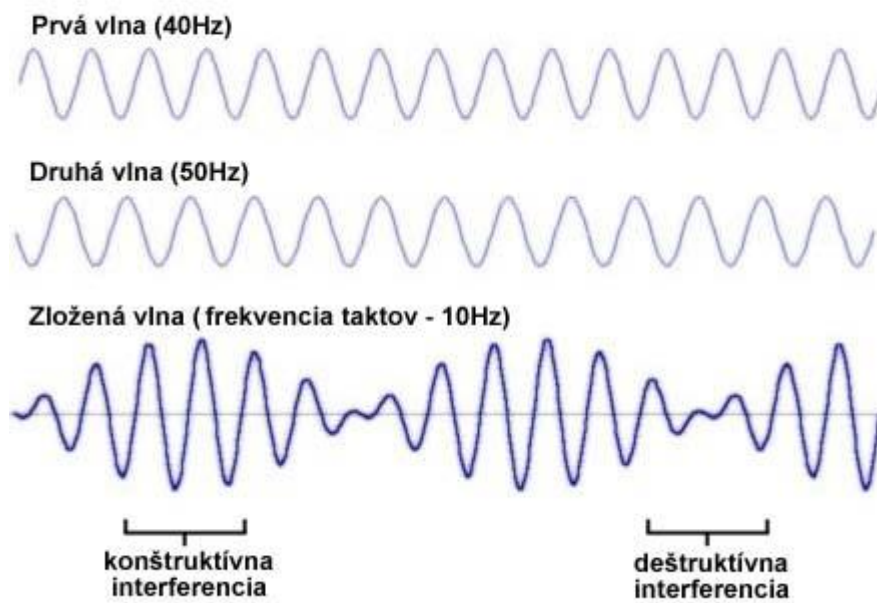
Obr. 4 Konštruktívna interferencia

Ale ak sa čo i len trochu zmení jedna z veličín ovplyvňujúcich zvuk, výsledný zvuk je takmer opačný ako bol. Takéto posunutie spôsobí to, že zhluky jedného zdroja sa stretávajú so zhlukmi druhého zdroja a naopak. Vlny sú teda v opačnej fáze. Vtedy podľa princípu lineárnej superpozície je výsledkom skladania vzájomné vyrušovanie vln. Tento jav sa nazýva deštruktívna interferencia.



Obr. 5 Deštruktívna interferencia

Ak, ale sa prekryjú dva zvuky s rôznou frekvenciou v rovnaký čas, už nebudeme počuť konštantný zvuk. Namiesto toho hlasitosť skombinovaného zvuku bude rásť a klesať.



Obr. 6 Kombinácia zvukov s rôznou frekvenciou

## 3 Lokalizácia zvuku

### 3.1 Analýza sluchovej scény

Základom môjho experimentu v ktorom som skúmal vznik a zánik kontextuálnej plasticity bola lokalizácia zvukov z rôznych lokalizácií. Avšak skôr ako začneme s experimentálnou časťou, je dôležité vedieť ako funguje táto lokalizácia zvukov v ľudskom mozgu. Úvod do tejto lokalizácie som sa rozhodol venovať analýze sluchovej scény. V lokalizácii zvukov v priestore je sluch v porovnaní so zrakom podstatne horší, avšak pokrýva celý priestor. Sluch nám dáva množstvo informácií o prostredí, v ktorom sa nachádzame. Analýza sluchovej scény je proces, ktorým vnímame množstvo rozdielnych zvukov naraz. Najjednoduchším spôsobom ako môžeme určiť polohu zdroja zvuku je určiť intenzitu zvuku v našich ušiach. Ak počujeme zvuk o väčšej intenzite v našom pravom uchu, vieme že zvuk prichádza z pravej strany. Analogický tichší zvuk prichádza z väčšej diaľky a hlasnejší z bližšej. Porovnávanie vnemu ľavého a pravého ucha a celkovej intenzity je robené automaticky a umožňuje nám určiť približnú polohu zdroja zvuku.

Ušnicová odozva je fakt, že ušnica odfiltruje určité frekvencie zvuku v závislosti na smere, z ktorého zvuk prichádza. Vďaka tejto zmene vieme určiť či zvuk prichádza spredu, zdola, zhora alebo zozadu.

### 3.2 Súčasné vnímanie viacerých zvukov

Použitie prekrývajúcich zvukov môže výrazne urýchliť získavanie informácií. Človek však nie je schopný plnohodnotne vnímať viac zvukov z okolia. Jav popisujúci tento efekt sa nazýva „cocktail party effect“. Je to schopnosť človeka sústrediť sa spomedzi veľa zvukov na jeden. Tieto zvuky sa však musia od seba výrazne odlišovať.

Sluchový systém môže porovnať sluch zaznamenaný ušami a na základe tohto porovnania zlepšiť porozumenie jednému z nich. [3]

### 3.3 Priestorový sluch

Priestorový zvuk môžeme rozdeliť na:

1. Binaurálny – obe uši
2. Monaurálny – jedno ucho

Binaurálny rozdiel v úrovni maskovania je schopnosť nášho sluchového systému porovnať, čo počujeme pravým a ľavým uchom a výsledok tohto porovnania použiť na potlačenie rušivého šumu a na zlepšenie počutia cieľového zvuku.



Obr. 7 Binaurálne počúvanie

#### 3.3.1 ITD a ILD

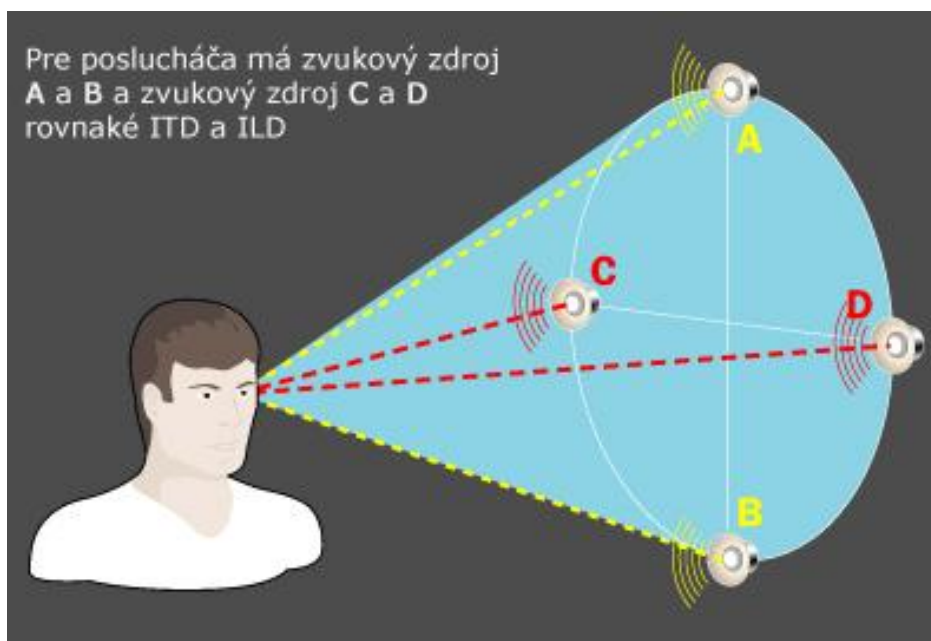
Základné parametre ktoré sluchový systém používa na určenie polohy zdroja sú:

1. interaurálne časové rozdiely (ITD)
2. interaurálne rozdiely v intenzite (ILD)



ITD teda interaurálne časové rozdiely ak berieme do úvahy ľudí a zvieratá je rozdiel v čase, kedy zvuk dorazí do pravého a ľavého ucha. To je veľmi dôležité v lokalizácii zvukov keďže nám to poskytuje predstavu o uhle z ktorého zvuk prichádza. Predstavme si úplne tichú miestnosť. Ďalej si predstavme že sedíme v tejto miestnosti a po našej pravici padne na zem predmet. Pretože zvuk ako fyzické vlny putujú zvukom a to niečo trvá, dorazia do nášho pravého ucha o frakciu sekundy skôr ako do ľavého. V podstate zvuk je o niečo tichší kým dorazil do ľavého ucha. Táto redukcia hlasitosti je spôsobená rozptýlením zvukovej vlny a preto lebo náš mozog absorbuje a odrazí trochu zvuku. Tento rozdiel v hlasitosti medzi ľavým a pravým uchom nazývame interaurálne rozdiely v intenzite čiže ILD.

Časový rozdiel a rozdiel v intenzite dáva nášmu mozgu jasnú predstavu či zvuk prichádza z ľavej strany alebo z pravej strany. Avšak tieto rozdiely už majú menšiu informáciu o tom či zvuk prichádza nad alebo pod nás. To preto lebo zmena uhlu ovplyvní cestu ktorou zvuk dorazí k uchu, ale neovplyvní to, čo počujeme medzi naším pravým a ľavým uchom. To preto, lebo aj keď zvuk prichádza z rozdielnych lokálizácií, rozdiely, ktoré naše uši počujú sú stále rovnaké. ITD a ILD sú rovnaké v ploche podobnej kužeľu smerom von z nášho ucha a nazývame ho kužeľ nejednoznačnosti. Pre dva body ležiace v tom kuželi nejednoznačnosť zanikne správnym natočením hlavy.



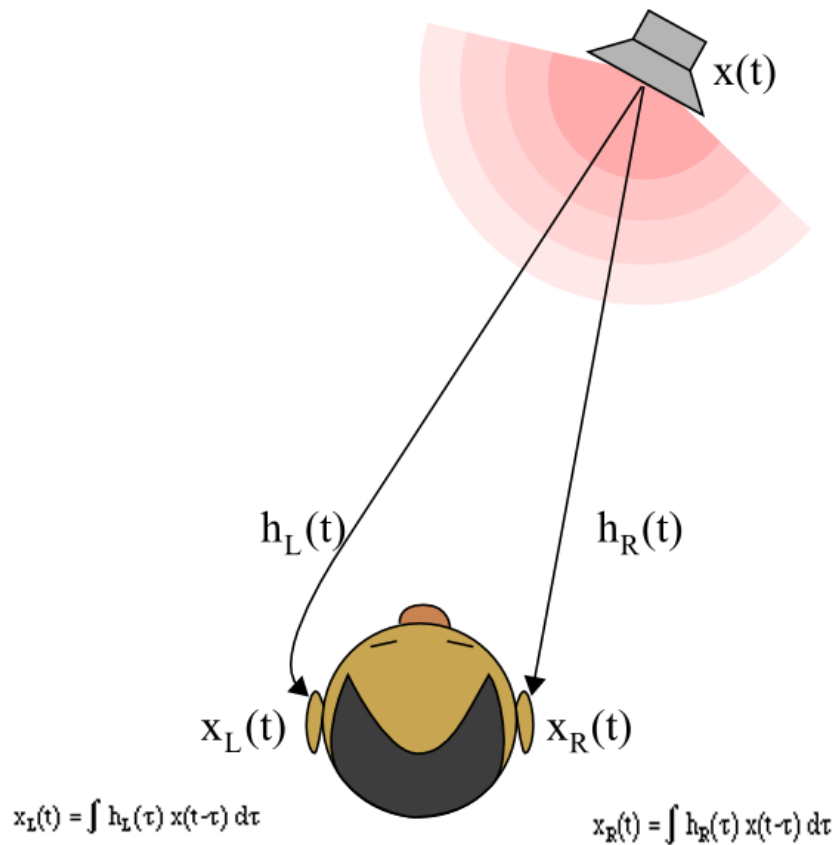
Obr. 8 Kužeľ nejednoznačnosti

ITD a ILD vyžaduje samozrejme o ľudí, aby počuli dobre na obe uši, avšak ľudia ktorí nepočujú na jedno ucho môžu stále často určiť zdroj zvuku. To preto, lebo ľudský mozog môže použiť zvukové odrazy od povrchov v jednom uchu a pokúsiť sa lokalizovať zdroj zvuku.

### 3.3.2 HRTF

Keď zvuk dorazí k nášmu telu, odrazí sa od našej hlavy a ramien. Odrazí sa taktiež od zakrivených plôch nášho vonkajšieho ucha. Každý z týchto odrazov vytvára jemné zmeny zvukovej vlny. Odrazené vlny interferujú navzájom a spôsobujú že vlna narastá alebo sa znižuje, mení svoju hlasitosť alebo kvalitu. Tieto zmeny sú známe ako head-related transfer function čiže ďalej len HRTF. [4]

HRTF má malý avšak zložitý účinok na tvar vlny. Mozog interpretuje tieto zmeny v tvare vlny, na zistenie pôvodu zvuku. Ušný boltec ľudského ucha má mnoho povrchov ktoré môžu odrážať zvukové vlny a väčšina týchto povrchov je zakrivená. Niektoré môžu posunúť vlnu priamo dopredu, niektoré ju môžu viac krát odraziť raz kým dorazí k membráne. Interakcie s hlavou, tvárou, telom sú komplikované tiež. Ručne eliminovať všetky tieto odrazy je takmer nemožné. HRTF sa mení pre zdroje viac ako jeden meter od hlavy len s azimutom a eleváciou načo, ale pre zdroje blízke sa mení ešte aj so vzdialenosťou. HRTF je zložitá funkcia o štyroch neznámych: tri priestorové súradnice a frekvencia.



Obr. 9 HRTF

[5]

### 3.3.3 Minimálny počuteľný uhol

S lokalizáciou úzko súvisí aj minimálny počuteľný uhol. Je to najmenší uhol medzi dvoma zdrojmi zvuku ktorý sme schopný rozlíšiť. Tento uhol máme najmenší, čiže najlepšie sa nám darí rozlíšiť zvuky spredu, kde ma tento uhol hodnotu zhruba  $1^\circ$ . Tento uhol sa smerom do strán zhoršuje, až do  $5^\circ$ . Tento uhol závisí aj od frekvencie stimulu. [11]

## 3.4 Pozornosť

Všetky kognitívne schopnosti, od vnímania cez myslenie až po rečovú komunikáciu a motorické riadenie, sú ohraničené procesnou kapacitou mozgu. Kvôli svojej limitovanej výpočtovej kapacite mozog napríklad nedokáže rovnako efektívne spracovať všetky zmyslové podnety prichádzajúce z prostredia. Pre zvládanie zložitých situácií preto musí existovať mechanizmus, ktorý umožňuje spracovať vybranú

podmnožinu v určitom zmysle dôležitých podnetov. Tento mechanizmus sa nazýva pozornosť. [6]

Pozornosť je sústredenie duševnej činnosti na nejaký objekt, činnosť alebo dej. Stupeň sústredenia môže byť veľmi rozdielny. Môžeme vykonávať určitú činnosť, ale pritom ani nevnímať že ju vykonávame, ale môžeme aj sa plne sústrediť a vtedy nevnímať nič naokolo. Pozornosť je teda stav človeka vyjadrujúci sústredenie na danú činnosť. Pozornosť je do značnej miery dosť obmedzená, to znamená že môžeme venovať pozornosť len obmedzenému počtu vecí.

### **3.4.1 Selektívna pozornosť**

Pojmom selektívna pozornosť môžeme označiť procesy, ktoré nám dovoľujú selektívne spracovávať prichádzajúce senzorické podnety a na základe toho spracovávať niektoré informácie pre nás dôležité detailnejšie, a niektoré menej detailne. [7]

Dôkazom fungovania selektívnej pozornosti je koktail party efekt, ktorý charakterizuje ľudskú schopnosť venovať sa jednému z viac súbežne hovoriacich ľudí. Túto schopnosť ovplyvňuje veľmi veľa faktorov. Jednou z nich môže byť počutia vlastného mena, inou napríklad orientácia iba na niektorý hudobný nástroj v hudobnej skladbe. Ďalšou z dôležitých charakteristík ovplyvňujúcich selektívne sa zamerať na určitý objekt je aj priestorové usporiadanie scény.

Rozdelenie pozornosti:

1. Automatická
2. Strategická

Automatická pozornosť je vyvolaná podnetom z vonkajšieho prostredia a tým pádom ju nazývame aj exogénnou alebo senzorickou. Klasickým príkladom je počutia vlastného mena v dialógu osôb.

Strategická pozornosť je keď sa človek sám vedome rozhoduje, čomu bude venovať zvýšenú pozornosť, napríklad ako už sme spomínali na nejaký hudobný nástroj v skladbe.

### **3.4.2 Dichotické počúvanie**

Dichotické počúvanie. Človek počúva cez slúchadla dva rôzne príbehy – každý v jednom uchu, pričom sa sústreďí len na jedno ucho. Na konci si poslucháč bude vedieť pohlavie čítajúceho, zmeny v hlasitosti, jazyka a podobne zmeny načo, ale z príbehu ktorý šiel v druhom uchu si bude pamätať len veľmi málo. Všimne si zmeny v hlasitosti,

pohlaví čítajúceho, a či sa zvuk zmenil na niečo iné ako reč, ale nevšimne si jazyk, obsah či dokonca zmenu na inverznú reč. [8]

Pozornosť ovplyvňuje lokalizáciu zvukov tak, že priťahuje vnímanú polohu zdroja zvuku smerom k zameranej oblasti.[9]

## 4 Kontextuálna plasticita

Priestorové sluchové vnímanie je dôležité pre náš každodenný život. Napríklad nám dovoľuje lokalizovať dôležité, alebo užitočné objekty v prostredí a pomáha nám počuť dôležité stimuly ako napríklad partner pri počúvaní a potlačuje ostatné zvuky v hlučnom priestore. V dôsledku, aby toto bolo možné dosiahnuť v rôznych prostrediach a na rôznych úrovniach v ľudskom vývine, priestorovo sluchový systém musí byť plastický.

Plasticita v priestorovom sluchovom vnímaní bola skúmaná mnoho rokov, štartom klasických štúdií adaptácii spôsobených dlhodobým vystavovaním konštantným stimulom. Tieto štúdie ukázali že, dlhé vystavovanie konštantným sluchovým stimulom zmení vnímanie následného stimulu, najčastejšie odklon od lokalizácie rušivého stimulu.

Ďalšia vlna výskumu sa zamerala na dôležitosť vizuálnej odozvy pre vývoj presnej sluchovej lokalizácie. Veľké, náhle a trvalé plastické zmeny v sluchovej lokalizácii môžu byť podmienene posúvaním vizuálneho poľa.

Niekoľko štúdií ukázali, ako sa sluchový systém prispôsobí dozvukovému prostrediu potlačením odoziev., iné zasa ukázali ako sa systém naučí používať dozvuky pre zdokonalenie presnosti lokalizácie. [10]

### 4.1 Modely plasticity v priestorovom sluchovom vnímaní

Plasticita môže prekonať individuálne rozdiely v tvare hlavy a uší a zmeny vo veľkosti hlavy, keď zvieratá dospievajú. Sluchový systém musí taktiež recalibrovať v krátkom časovom horizonte, aby bola možná lokalizácia, keď sa poslucháč pohybuje z jedného miesta na druhé. Zatiaľ, čo priestorovo zvukový systém ukazuje veľkú schopnosť recalibrácie, sú tu limity pre túto plasticitu.

Plasticitu rozdeľujeme na:

1. Dlhodobá plasticita
2. Krátkodobá plasticita

#### 4.1.1 Dlhodobá plasticita

Dlhodobá plasticita bola pozorovaná nad a pod spodným kolkulom (inferior colliculus). Bolo vykonaných niekoľko štúdií ktoré objasňujú ako dlhodobý tréning vplýva na kvalitu lokalizácie. S týždňami tréningu sa subjekty dokázali prispôbiť jednostrannej strate sluchu. Z toho vyplýva že, s dlhodobým tréningom viac ako jedna séria priestorových vnemov môže reprezentovať jednu pozíciu v excentrickom priestore.

#### 4.1.2 Krátkodobá plasticita

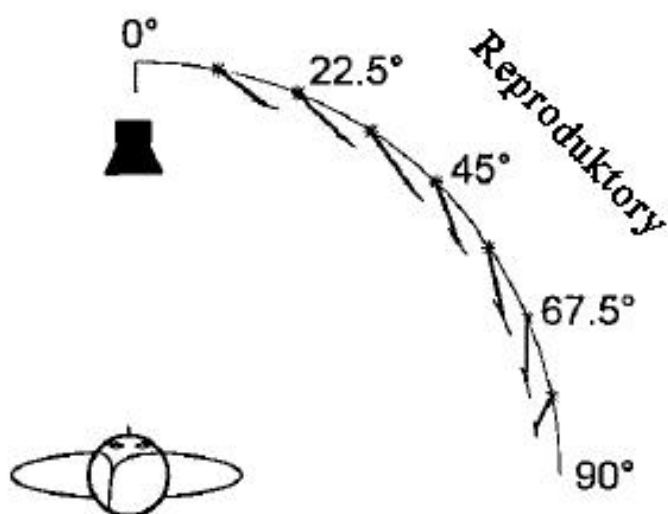
Krátkodobá plasticita sa pravdepodobne odohráva na vyššej úrovni lokalizačnej cesty, až v kortexe. Je možné, že sa pri nej v skutočnosti nemení reprezentácia priestoru (na dané hodnoty lokalizačných parametrov neodpovedá iný neurón ako pred adaptáciou), ale len mapovanie vnímanej polohy na to, čo subjekt odpovie. [11]

Štúdie krátkodobej adaptácie ukazujú, že subjekty sa rýchle prispôbujú zmenám v priestorových podnetoch zakódovaním excentrickou pozíciou targetu. Rozloženie je ovplyvnené stimulom a skúsenosťou subjektu. Sluchový systém je optimalizovaný pre počítanie priestorovej lokalizácie z obyčajných priestorových podnetov, a krátkodobý tréning nemôže ovplyvniť ako priestorová pozícia je počítaná vnútorné, ale ako priestorové vnímanie je mapované v excentrickom priestore. [12]

### 4.2 Vplyv polohy distraktora na kontextuálnu plasticitu

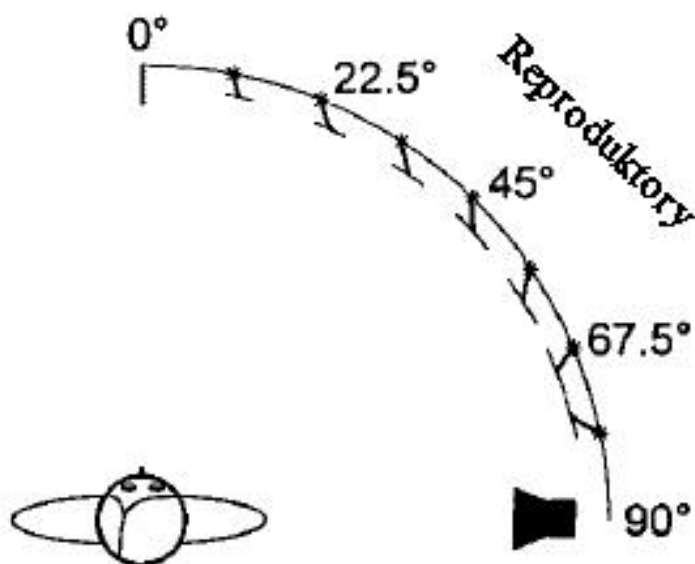
V predchádzajúcich štúdiách Shinn-Cunningham, Barbara, Gail [10] bolo testované ako vplýva poloha distraktora na kontextuálnu plasticitu. Používal sa laterálny a frontálny distraktor.

Pri frontálnom distraktore bol posun smerom od distraktora v smere hodinových ručičiek zhruba 5 až 15 stupňov.



Obr. 10 Frontálny distraktor [10]

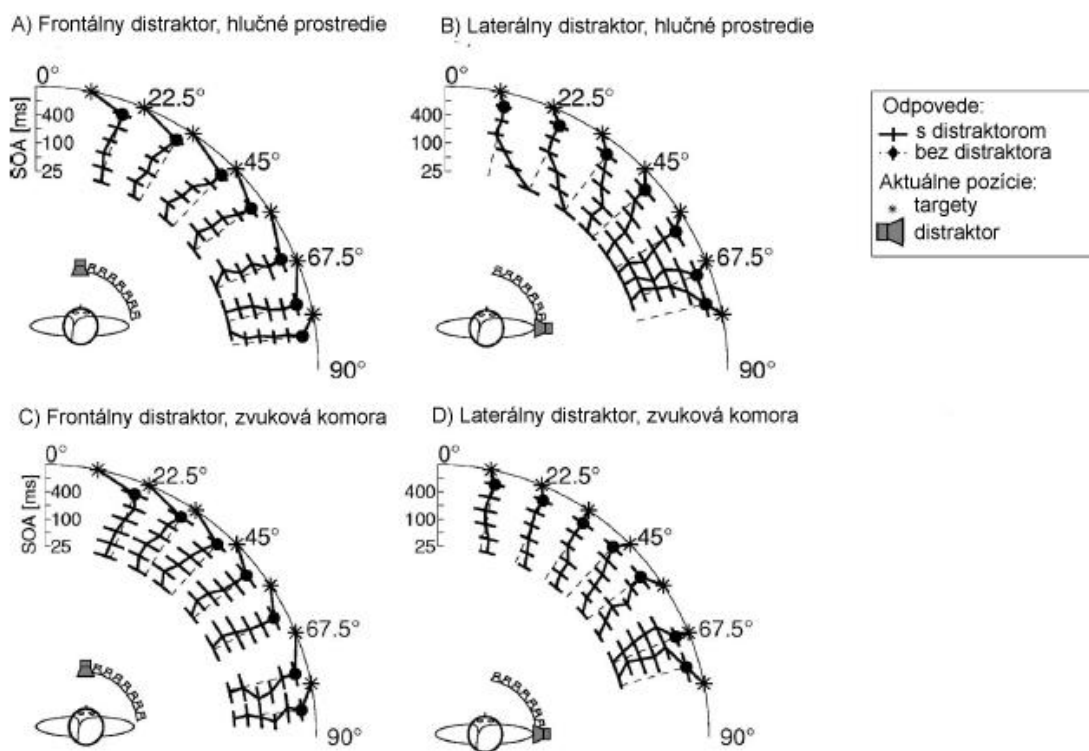
Pri laterálnom distraktore už nebol pozorovaný podobný efekt. Pri tomto distraktore boli odpovede posunuté smerom k polohe distraktoru.



Obr. 11 Laterálny distraktor [10]



Experimenty odhalili ako distraktor ktorý príde zo známej lokalizácie ovplyvní lokalizáciu nasledujúceho zvuku v hlučnej miestnosti a zvukovej komore. Poslucháči lokalizovali stimul, ktorému predchádzal distraktorový klik teda rušivý stimul z pevnej lokalizácie počas celého kola. (buď frontálny alebo laterálny). SOA ktoré bolo použité medzi distraktorom a targetom (stimulom ktorý bolo potrebné lokalizovať) bolo relatívne dlhé (25-400ms). Distraktor vyvolal posun a variabilitu v lokalizácii targetu, dokonca aj na dlhom SOA so špecifickou charakteristikou odlišnou pre obe miestnosti. Navyše, distraktor spôsobil posun aj pre stimuly ktorým nepredchádzal distraktor, a tento posun bol dokonca ešte väčší. Tento kontextuálny posun sa vytvoril znova v každom kole. Rozdielny efekt ukazuje, že zvuková lokalizácia je dynamický proces, ktorý závisí kontexte a na úrovni odrazu v prostredí, a interakciami medzi sekvenciami zvukov v závislosti na čase od stoviek po tisíce milisekúnd, až k minútam.



Obr. 12 Odpovede na lokalizáciu zvukov [13]

V tomto experimente sa odpovedalo na stimuly ktorým predchádzal distraktor. To sa porovnávalo voči nedistraktorovým stimulom, ktoré boli zamiešané pomedzi

---

nich. Keďže sa posun ukázal aj u týchto nedistraktorových stimulov je zjavné že naša sluchová mapa je plastická.

### **4.3 Kontextuálna plasticita v priestorovej sluchovej mape a hypotézy**

Kontextuálna plasticita je ovplyvnená priestorovým a časovým rozdelením stimulov. To je testované meraním plasticity pozorovanej v sluchových scénach s rôznym priestorovým a časovým rozložením distraktora a stimulov.

Výsledok týchto experimentov bude hodnotný v kontexte hierarchického modelu zvukového priestorového vnímania. Predchádzajúce štúdie dokázali, že krátkodobá plasticita v zvukovo priestorovej reprezentácii môže byť vyvolaná z trvalej z prezentácie konštantných stimulov, alebo vizuálnych spätných väzieb, na ktoré sa poslucháč sústreďuje sluchové vnemy. Existencia kontextuálnej plasticity skúmanej v tomto experimente je dôležitá, pretože podnecuje to, že priestorová zvuková reprezentácia je dynamická a mení sa postupne v závislosti na poslucháčovej úlohe a zovňajšku.

V mojom experimente som testoval ako vplýva priestorová poloha stimulov a distraktora na plasticitu., čiže priestorové charakteristiky. V predbežnej štúdii je ukázané, že veľkosť kontextuálnej plasticity závisí od polohy distraktora. [10]

## 5 Experimentálna časť

V mojom experimente som implementoval pôvodnú experimentálnu štúdiu vychádzajúcu zo štúdie N Kopčo, V Best, and BG Shinn-Cunningham (2007). Sound localization with a preceding distractor, *Journal of the Acoustical Society of America*, 121, 420-432.

### 5.1 Cieľ

Cieľom môjho experimentu bolo zistiť vplyv polohy distraktora a taktiež vplyv polohy stimulov ktorým predchádzal distraktor na kontextuálnu plasticitu. Testoval som tri pozície distraktora a to distraktor na 0 stupňoch (frontálny), distraktor na 45 stupňoch a distraktor na 90 stupňoch (laterálny). Pre stimuly ktorým predchádzal tento distraktor som mal taktiež tri pozície a to iba reproduktory 1,2,3; iba reproduktory 5,6,7 alebo reproduktory 1,2,3,5,6,7. Kombináciou týchto troch pozícií stimulov ktorým predchádzal distraktor a trom pozíciám distraktora som získal 9 rôznych tipov kôl na ktorých som testoval hypotézy. Reproduktor 4 nebol pre stimuly ktorým predchádzal distraktor používaný vôbec, lebo bol na ňom predrôtovaný distraktorový reproduktor. Pre stimuly ktorým distraktor nepredchádzal som používal vždy všetky pozície reproduktorov 1,2,3,4,5,6,7.

### 5.2 Motivácia

V pôvodnom experimente sme používali distraktor znejúci z azimutu 0 stupňov (spredú) a nevieme, aké veľké posunutie by bolo vyvolané, ak by bol distraktor niekde inde. V iných experimentoch sa testovala závislosť polohy distraktora a kontextuálnej plasticity. Bolo vidieť že rozdielna poloha distraktora vykonala rozdielny efekt. Aký posun sa však vykoná ak začneme meniť aj polohy stimulov ktorým predchádza distraktor? V tomto experimente som menil polohu distraktora aj polohu stimulov ktorým predchádzal distraktor.

### 5.3 Hypotézy

#### 5.3.1 Hypotézy o distraktoroch na 0 a 90 stupňoch

Väčšie posunutie sa vyvolá pre distraktor na 0 stupňoch než na 90 stupňoch. Najväčšie posunutie sa vyvolá pre stimuly ktorým predchádza distraktor z celého

polkruhu čiže reproduktory 1,2,3,5,6,7, menšie pre distraktorové stimuly blízko k subjektu čiže reproduktory 1,2,3, najmenšie pre distraktorové stimuly ďaleko od subjektu čiže reproduktory 5,6,7. Je ale možné, že silnejšie posunutie bude pre distraktorové stimuly blízko k subjektu, než pre stimuly prehrávané z celého polkruhu, pretože pre distraktorové stimuly blízko bude každý speaker použitý 2x častejšie.

### 5.3.2 Hypotézy o distraktore na 45 stupňoch

Efekt bude väčší pre distraktorové stimuly na reproduktoroch 5,6,7 než pre reproduktory 1,2,3 pretože sú od subjektu ďalej. Pre distraktorové stimuly z reproduktorov všade sa nevykoná žiadny efekt?

## 5.4 Návrh experimentu

Upravil som experimentálnu procedúru v prostredí MATLAB tak, aby bolo možné parametricky vyšetriť závislosť vzniku a zániku kontextuálnej plasticity na polohe distraktora.

Experiment sa skladal zo 6 sedení. Každé sedenie obsahovalo 10 kôl. Rozpis jednotlivých kôl vyzeral nasledovne:

Číslo kola	Typ merania	Blok
1.	Distraktor z 0, distrtargety z 11až33	Distraktor na 0 stupňoch
2.	Distraktor z 0, distrtargety z 56až78	Distraktor na 0 stupňoch
3.	Distraktor z 0, distrtargety z 11až78	Distraktor na 0 stupňoch
4.	Distraktor zo 45, distrtargety z 11až33	Distraktor na 45 stupňoch
5.	Distraktor zo 45, distrtargety z 56až78	Distraktor na 45 stupňoch
6.	Distraktor zo 45, distrtargety z 11až78	Distraktor na 45 stupňoch
7.	Distraktor z 90, distrtargety z 11až33	Distraktor na 90 stupňoch
8.	Distraktor z 90, distrtargety z 56až78	Distraktor na 90 stupňoch
9.	Distraktor z 90, distrtargety z 11až78	Distraktor na 90 stupňoch
10.	Bez distraktora	Bez distraktora

Tab. 1 Typy kôl

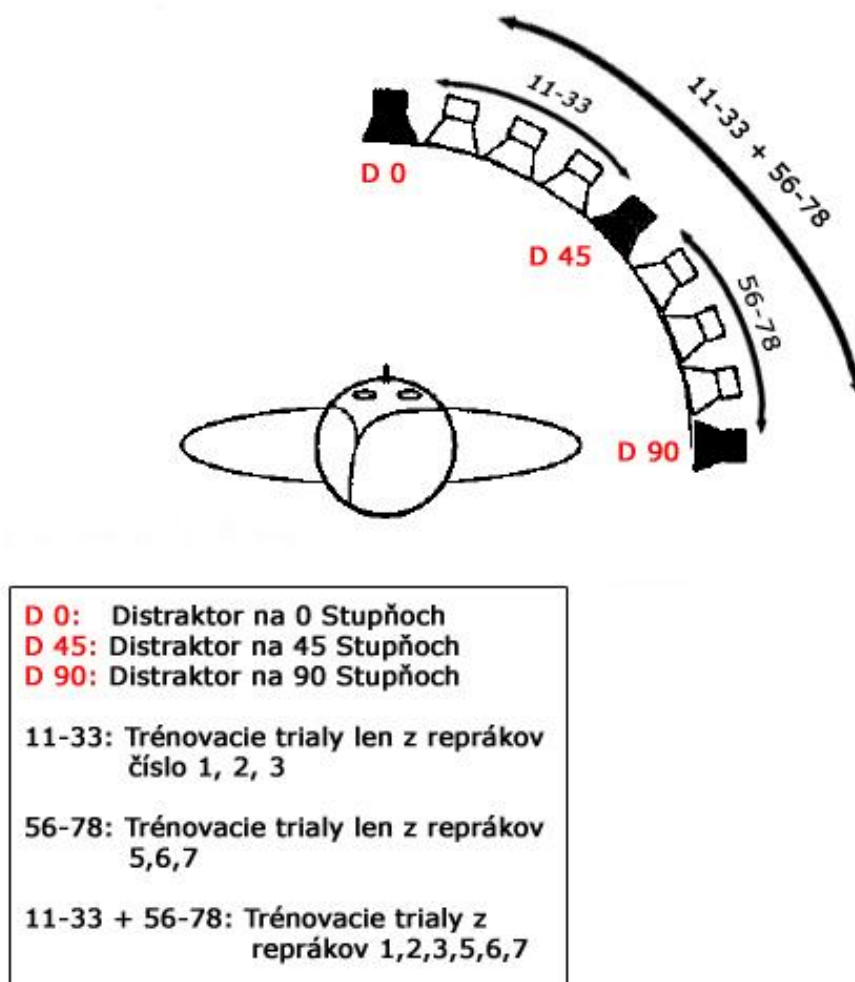
V kolách číslo 1,2,3 sa testoval frontálny distraktor pre rôzne lokalizácie stimulov ktorým predchádzal distraktor.

V kolách 4,5,6 sa testoval distraktor na 45 stupňoch pre rôzne lokalizácie stimulov ktorým predchádzal distraktor.

V kolách 7,8,9 sa testoval laterálny distraktor pre rôzne lokalizácie stimulov ktorým predchádzal distraktor.

10 kolo bolo vždy nedistraktorové, a voči tomuto kolu sa určoval posun.

Pohľad zhora vyzeral nasledovne:



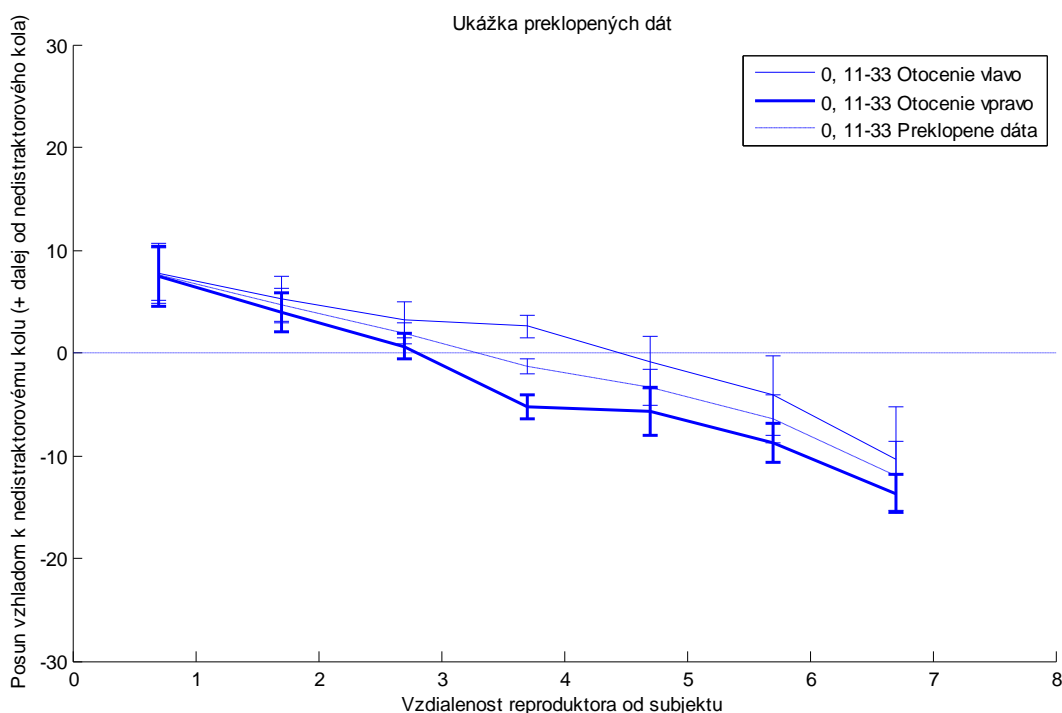
Obr. 13 Rozloženie kôl

Trénovacie trialy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor.

Testovacie trialy boli stimuly ktorým nepredchádzal distraktor.

V každom sedení sa striedalo otočenie v ľavo a v pravo s tým, že pre celý experiment sa každý typ kola pomeral tri krát pri otočení v ľavo, a tri krát pri otočení v pravo. Experiment bol navrhnutý tak, že v jednom sedení sa poloha frontálneho a laterálneho distraktora menila len otočením subjektu, čiže v prvom sedení sa frontálny distraktor meral otočením vľavo, a laterálny otočením vpravo. V nasledujúcom sedení sa predrôtovaním reproduktorov situácia vymenila.

Otočenia v pravo sa vo finálne fáze zrkadlovo preklopili, a tak sme získali 6 meraní pre otočenie vľavo.



**Obr. 14 Ukážka preklopených dát**

Celkový počet reproduktorov, z ktorých boli prehrávané testovacie stimuly bol 7, čiže zo všetkých, vrátane stredného 45 stupňového. V celom experimente som používal jednotné SOA rovné 25 ms, a pomer distraktorových a nedistraktorových (trénovacích a testovacích) trialov bol 75/25.

Distraktorové kolo vyzeralo nasledovné:

7 (pozícií target clicku) x 2 (opakovania) = 14 = úvodné trialy

7 (pozícií target clicku) x 4 (opakovania) = 28 = koncové trialy

Zo stredných 168 trialov, kde začneme vyvolávať plasticitu, chceme 25% nedistraktorových a 75% distraktorových:

7 (pozícií target clicku) x 6 (opakovania) = 42 = nodistraktorové trialy

3 (pozícií distraktor target clicku) x 42 (opakovania) = 126 = distraktorové trialy (pre typy meraní 1,2,4,5,7,8)

6 (pozícií distraktor target clicku) x 21 (opakovania) = 126 (pre typy meraní 3, 6, 9)

V celom experimente som prehrával jednotná click aj pre distraktorove stimuly, aj pre nedistraktorové. Tento click bol náhodný šum vygenerovaný v matlabe. Prehrával sa s frekvenciou 44 100 Hz, a mal trvanie 2ms.

Pre každý typ kola sme získali v jednom sedení pre každú pozíciu targetu 6 nedistraktorových meraní – subkola v adaptačnej časti, 2 merania pre úvodne trialy a 4 merania pre koncové. A 42, resp. 21 distraktorových v závislosti od typu kola. V rámci sedenia boli jednotlivé kola zamiešané náhodne pre každý subjekt.

Úvodnými meraniami sa rušila plasticita ktorá mohla ostať z predchádzajúceho kola. V adaptačnej časti sme vyvolávali plasticitu. Koncovými meraniami sa rušila plasticita vyvolaná v adaptačnej časti.

## 5.5 Spôsob odpovedania

Subjekt mal počas celého experimentu zavreté oči. Odpovedal ukazovátkom, na ktorom boli pripevnene dve červené LED diody, ktoré zachytávala kamera. Na hlave mal čiapku, ktorá obsahovala tri červené LED diody, ktoré slúžili na určenie smeru a stredu hlavy. Taktiež na každom z 9 reproduktorov bola červená LED dioda, ktorá slúžila na určenie polohy reproduktora. Z týchto štrnástich bodov v dvojrozmernom priestore, ktoré zachytila kamera sa určil bias, čiže odklon v stupňoch ako subjekt identifikoval zvuk voči reálnemu zdroju zvuku. Experiment som vykonal na piatich mužských subjektoch.



Obr. 15 Rozloženie reproduktorov v experimentálnej miestnosti

## 5.6 Analýza experimentu

Môj experiment sa skladal z troch častí. A to z kôl, kde bol distraktor na 0 stupňoch čiže frontálny, z kôl kde bol distraktor na 45 stupňoch a z kôl, kde bol distraktor na 90 stupňoch čiže laterálny. Všetky označenia distraktora sú voči subjektu.

Subjekt mal počas celého experimentu oči zavreté.

Všetky errorbary, teda rozsahy vychýlenia sa, v mojom experimente vykresľujem ako štandardnú chybu odpovedí cez všetky subjekty.

### 5.6.1 Distraktor na 0 stupňoch

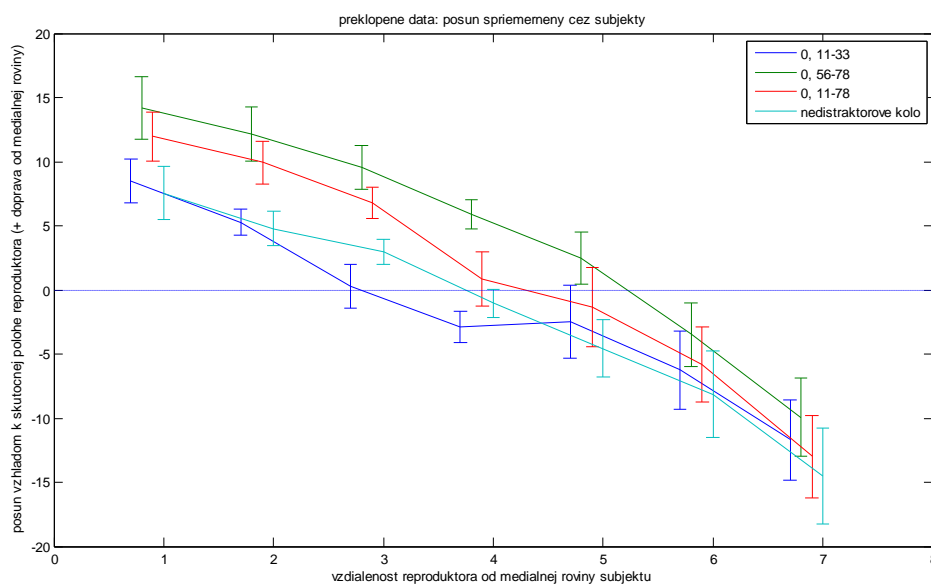
Tento distraktor bol prehrávaný z reproduktora číslo 1 pri otočení v ľavo, alebo z reproduktora číslo 9 pri otočení v pravo. Používal som tri polohy distrtargetov a to

- Všetkých 7 trialových reproduktorov okrem stredného, čiže 1,2,3,5,6,7
- Reprodukory blízko distraktora (pri otočení vľavo to boli 1,2,3), (pri otočení v pravo to boli reprodukory 5,6,7)



- Reprodukory ďalej od distraktora (pri otočení vľavo to boli 5,6,7), (pri otočení vpravo to boli 1,2,3)

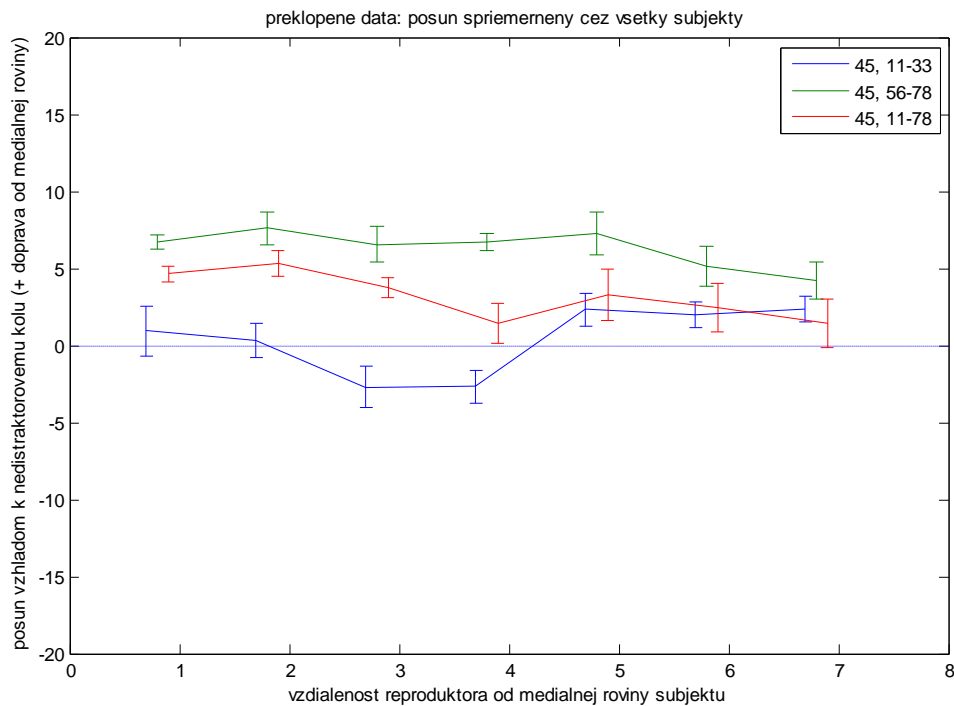
Testovacie trialy boli vždy prehrávané zo všetkých 7 pozícií trialových reproduktorov. Z celkových mojich 12 subkôl som bral výsek 4:9, teda som zobral až druhé subkolo z adaptačnej časti a zahrnul som tam aj prvé subkolo z koncových. Je to kôli tomu, že plasticita sa začala naplno prejavovať až v druhom subkole v adaptačnej časti, a pretrvávala ešte aj prvé subkolo z koncových meraní.



**Obr. 16 Graf znázorňujúci posun voči skutočnej polohe**

V tomto grafe je na osi x vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y je posun voči skutočnej polohe odkiaľ šiel zvuk.

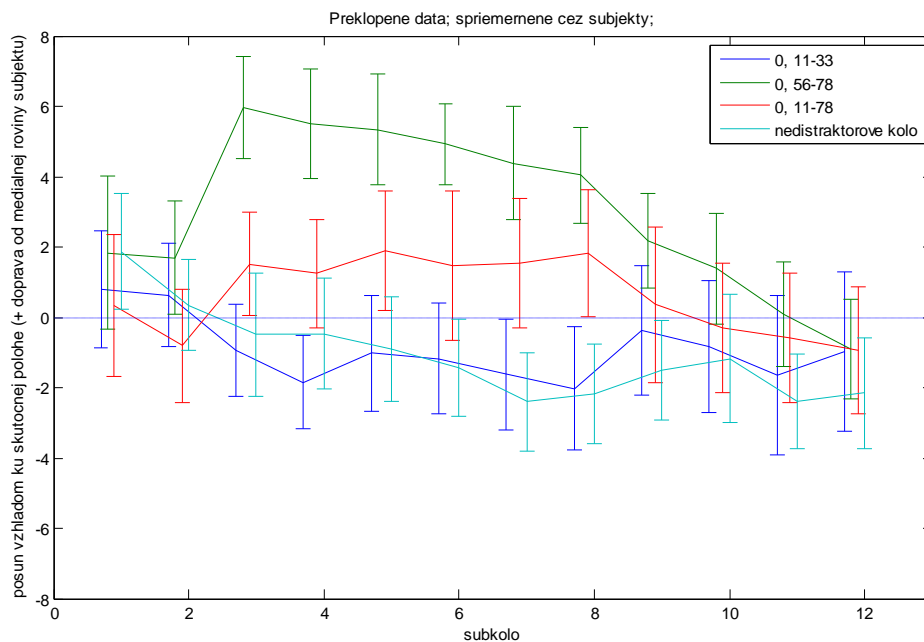
Ako je vidieť subjekty mali tendenciu pre reproduktory 1,2,3 ukazovať viac doprava a teda posun bol od subjektu. Pre reproduktory 5,6,7 nastával posun smerom k subjektu.



**Obr. 17 Graf znázorňujúci posun voči nedistraktorovému kolu**

V tomto grafe je na osi X vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y je posun voči nedistraktorovému kolu (kolo číslo 10).

V tomto grafe je priamo vidieť vyvolanú plasticitu. Ako môžeme vidieť najväčšia plasticita sa vyvolala pre kolo 56-78 teda pre typ kola kedy boli stimuly, ktorým predchádzal distraktor, prehrávané z reproduktorov 5,6,7, teda z reproduktorov ďalej od subjektu a aj distraktora.



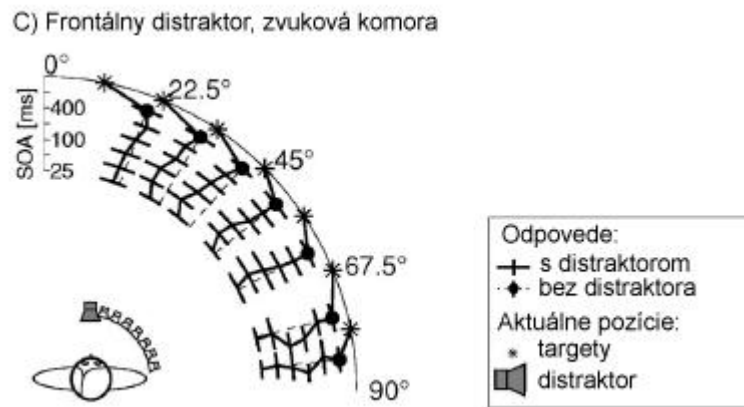
**Obr. 18 Graf znázorňujúci časový priebeh kola**

V tomto grafe máme na osi X máme číslo subkola. Na osi Y máme posun voči skutočnej polohe reproduktoru.

Z tohto grafu je vidieť že najväčší posun sa vykonal pre kolo 56-78, teda pre typ kola kedy boli prehrávané stimuly ktorým predchádzal distraktor z reproduktorov 5,6,7, teda reproduktory ďalej od subjektu a distraktora. Veľký posun sa vykonal taktiež pre kolo kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z všetkých pozícií reproduktorov. Ako je vidieť plasticita sa začala prejavovať v 3 subkole a pretrvávala až do 9 subkola kde sa už pomaly vytrácala.

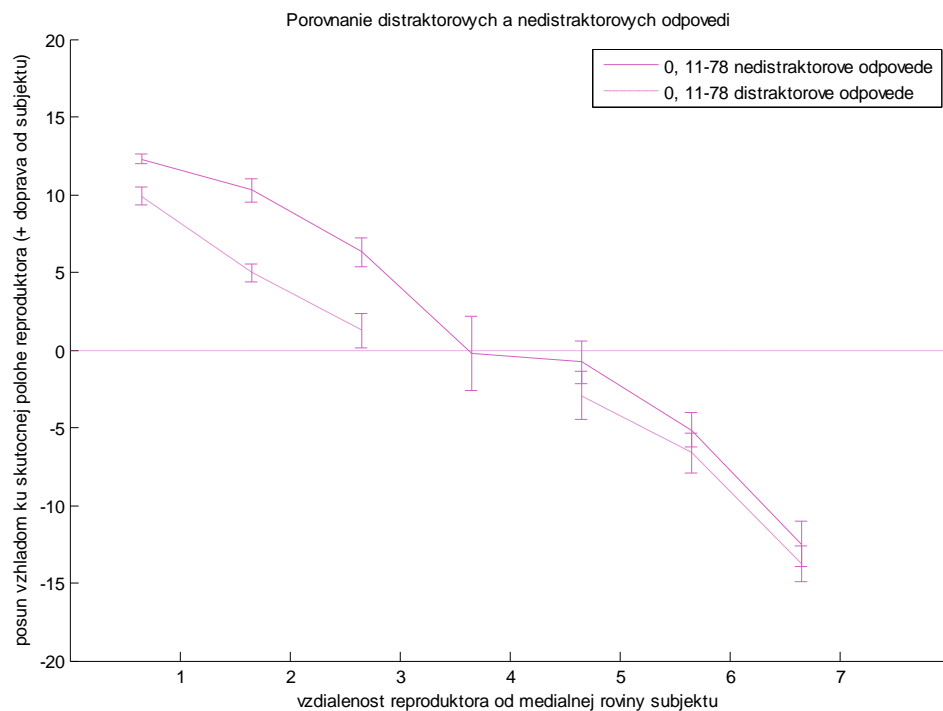
### **Porovnanie so štúdiou Shinn-Cunningham, Barbara, Gail**

V tejto štúdii sa testovalo ako vplýva poloha distraktora na kontextuálnu plasticitu. Pri frontálnom distraktore sa testovali odpovede na stimuly ktorým predchádzal distraktor a stimuly bez distraktora. Kolo bez distraktora ako mám ja v mojom experimente (10 kolo) nemali. Tu sa prvýkrát zistilo že stimuly ktorým nepredchádzal distraktor boli posunuté ešte viac ako odpovede ktorým distraktor predchádzal.



Obr. 19 Frontálny distraktor - štúdia Shinn-Cunningham, Barbara, Gail [13]

Ako je vidieť odpovede na stimuly ktorým nepredchádzal distraktor boli posunuté ešte viac ako odpovede ktorým predchádzal distraktor.



Obr. 20 Graf znázorňujúci posun distraktorových odpovedi a nedistraktorových

Ako môžeme vidieť aj v mojom experimente boli stimuly ktorým nepredchádzal distraktor posunuté viac ako stimuly ktorým predchádzal distraktor.

Analyzoval som len typ kola kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané zo všetkých pozícií reproduktorov (3).

### **Záver**

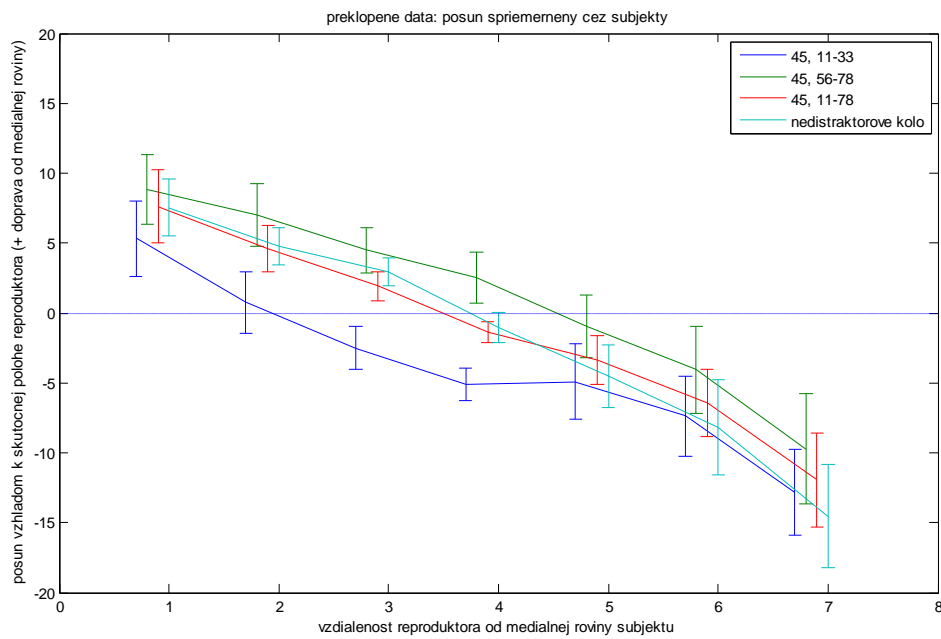
Frontálny distraktor vyvolal značný posun. Najviac na kole kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z reproduktorov 5,6,7. Veľký posun sa taktiež vykonal pre kolo kedy boli stimuly ktorým predchádza distraktor prehrávané z celého polkruhu. Pre kolo kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z reproduktorov 1,2,3 sa vykonal najmenší posun. Výsledkom týchto meraní je že, kontextuálna plasticita závisí od polohy stimulov ktorým predchádza distraktor.

### **5.6.2 Distraktor na 45 stupňoch**

Tento distraktor bol stále prehrávaný z trialového reproduktora číslo 4 pri otočení v ľavo, ako aj pri otočení v pravo. Používal som tri polohy distrtargetov a to

- Všetkých 7 trialových reproduktorov okrem stredného, čiže 1,2,3,5,6,7
- Reprodukory blízko distraktora (pri otočení vľavo to boli 1,2,3), (pri otočení vpravo to boli reprodukory 5,6,7)
- Reprodukory ďalej od distraktora (pri otočení vľavo to boli 5,6,7), (pri otočení vpravo to boli 1,2,3)

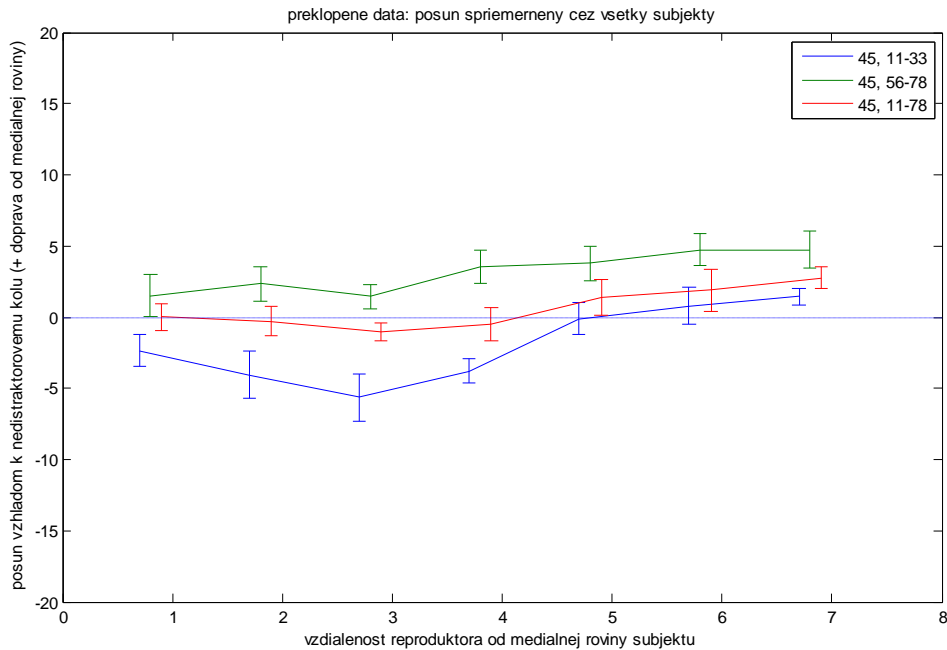
Testovacie trialy boli vždy prehrávané zo všetkých 7 pozícií trialových reproduktorov. Z celkových mojich 12 subkôl som bral výsek 4:9, teda som zobral až druhé subkolo z adaptačnej časti a zahrnul som tam aj prvé subkolo z koncových meraní. Tento výsek som zvolil kôli tomu že plasticita sa začala prejavovať až v druhom subkole adaptačnej časti, a pretrvávala ešte aj v prvom subkole z koncových meraní.



**Obr. 21 Graf znázorňujúci posun voči skutočnej polohe**

Na osi X máme vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y je posun voči skutočnej polohe reproduktora.

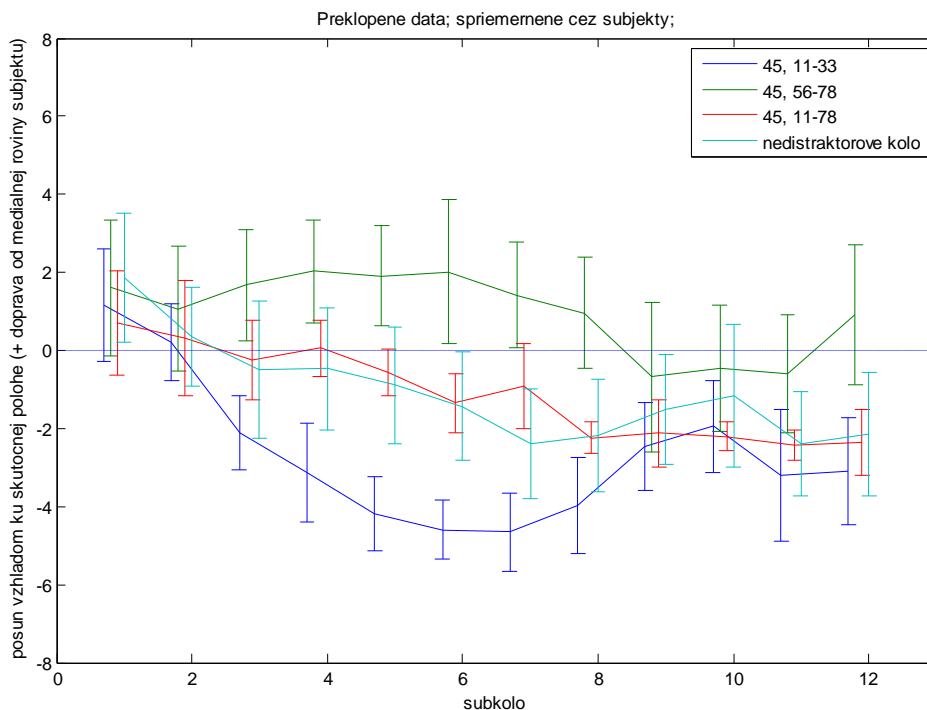
Ako je vidieť posuny nastávali podobne ako pri frontálnom distraktore a to pre reproduktory 1,2,3 smerom od polohy subjektu, a pre reproduktory 5,6,7 smerom k polohe subjektu.



**Obr. 22 Graf znázorňujúci posun voči nedistraktorovému kolu**

V tomto grafe je na osi X vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y je posun voči nedistraktorovému kolu (kolo číslo 10).

V tomto grafe je vidieť že vyvolaná plasticita bola malá. Pre typ kola 11-33 teda keď boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z prvých troch reproduktorov (1,2,3) smerom k subjektu. Pre typ kola 56-78 teda keď boli stimuly prehrávané len z reproduktorov 5,6,7 bol posun smerom od subjektu. Pre typ kola 11-78 teda keď boli stimuly prehrávané z celého polkruhu sa nevykonala skoro žiadny posun.



Obr. 23 Graf znázorňujúci časový priebeh kola

Na osi X sa nachádza číslo subtrianu. Na Y osi sa nachádza posun voči skutočnej polohe.

Ako si môžeme všimnúť najväčší posun sa vykonal v subtrianoch 4 až 9.

V štúdiu Shinn-Cunningham, Barbara, Gail sa distraktor na 45 stupňoch nepoužíval, preto tu porovnanie s touto štúdiou neuvádzam.

### Záver

Distraktor na 45 stupňoch vyvolal posun pre kolo kedy bol stimuly, ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z reproduktorov 1,2,3 smerom k polohe subjektu. Pre typ kola kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z pozícií reproduktorov 5,6,7 sa vykonal posun smerom od polohy subjektu. Pre typ kola kedy sa prehrávali stimuly ktorým predchádzal distraktor z celého polkruhu sa nevykonal takmer žiadny posun. Tieto pozorovania naznačujú možnú expanziu našej sluchovej mapy, avšak kôli veľkým rozdielom hodnôt v posunoch to nemôžeme jednoznačne potvrdiť.

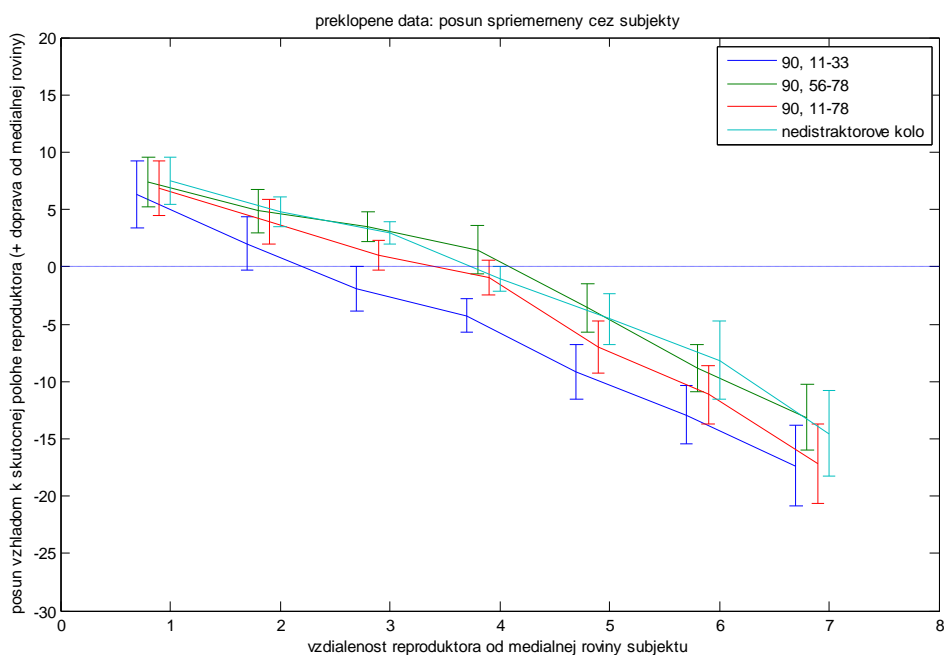


### 5.6.3 Distraktor na 90 stupňoch

Tento distraktor bol prehrávaný z reproduktora číslo 9 pri otočení v ľavo, alebo z reproduktora číslo 1 pri otočení v pravo. Používal som tri polohy distrtargetov a to Všetkých 7 trialových reproduktorov okrem stredného, čiže 1,2,3,5,6,7

- Reprodukory ďalej od distraktora (pri otočení vľavo to boli 1,2,3), (pri otočení vpravo to boli reprodukory 5,6,7)
- Reprodukory bližšie k distraktoru (pri otočení vľavo to boli 5,6,7), (pri otočení vpravo to boli 1,2,3)

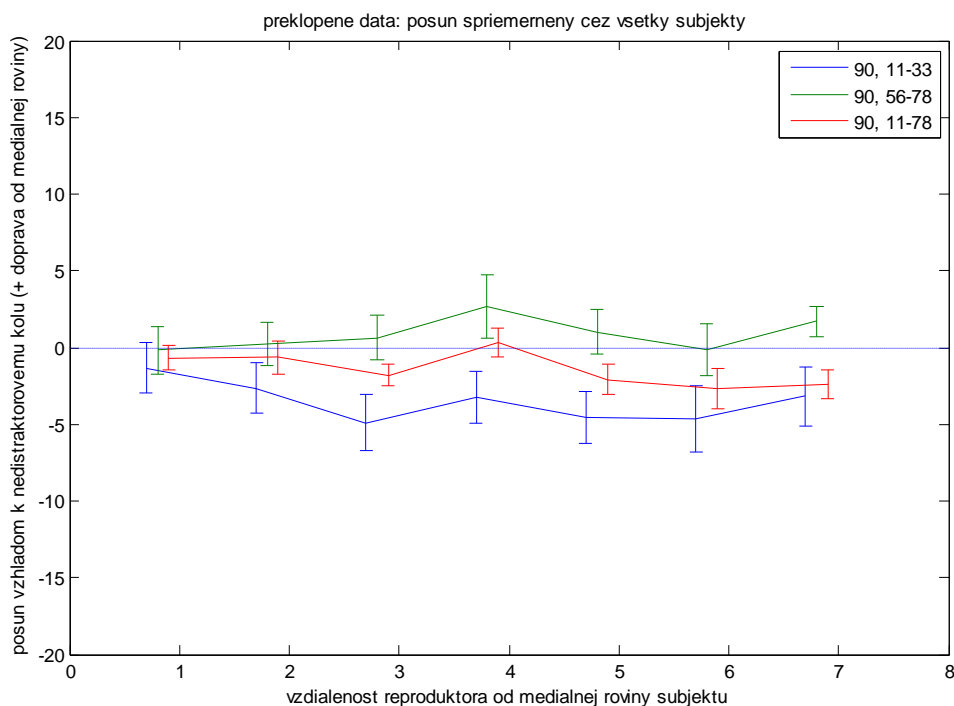
Testovacie trialy boli vždy prehrávané zo všetkých 7 pozícií trialových reproduktorov. Z celkových mojich 12 subkôl som bral výsek 4:9, teda som zobral až druhé subkolo z adaptačnej časti a zahrnul som tam aj prvé subkolo z koncových pretože plasticita sa začala prejavovať až v druhom subkole v adaptačnej časti, a pretrvávala až do prvého subkola z koncových meraní.



Obr. 24 Graf znázorňujúci posun voči skutočnej polohe

Na osi X máme polohu vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y máme posun vzhľadom k skutočnej polohe reproduktora.

Ako si môžeme všimnúť posuny voči skutočným polohám reproduktorov nastávali podobne ako u predošlých distraktoroch, avšak viac posunuté k subjektu.

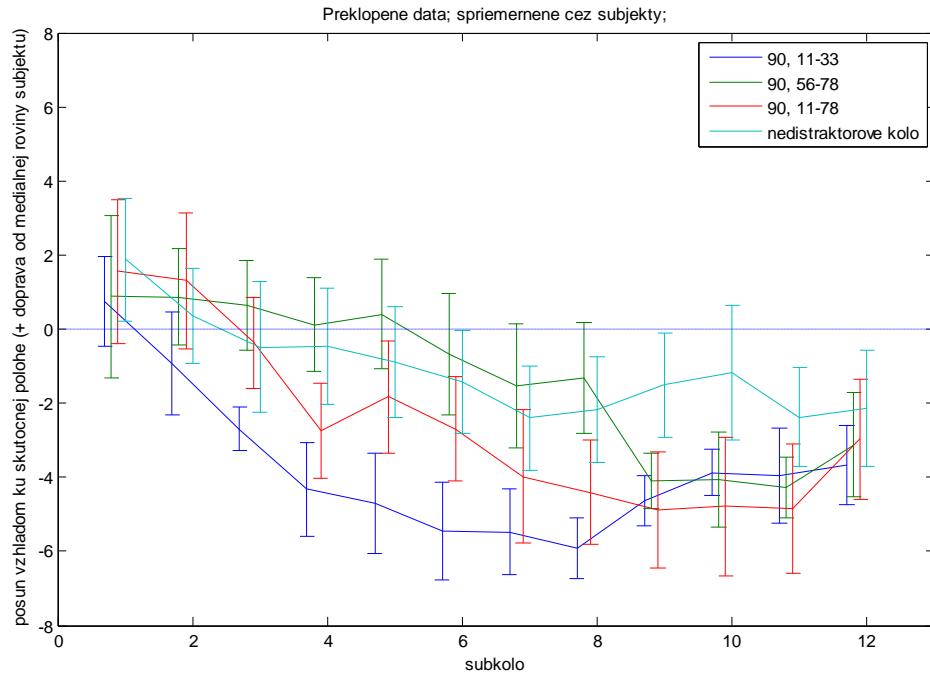


**Obr. 25 Graf znázorňujúci posun voči nedistraktorovému kolu**

Na osi X je poloha reproduktora od subjektu. Na osi Y je posun vzhľadom k nedistraktorovému kolu.

Ako vidíme tu sa vykonal opačný posun ako pri frontálnom distraktore a teda posun smerom k subjektu. Keďže distraktor bol na 90 stupňoch, tento posun bol smerom od distraktora.

Najväčší posun sa vykonal pre typ kola 11-33, teda keď boli prehrávané stimuly ktorým predchádzal distraktor len z reproduktorov 1,2,3 teda reproduktorov ďalej od distraktora. Posun sa taktiež vykonal pre typ kola 11-78 teda keď boli prehrávané stimuly ktorým predchádzal distraktor z celého polkruhu.



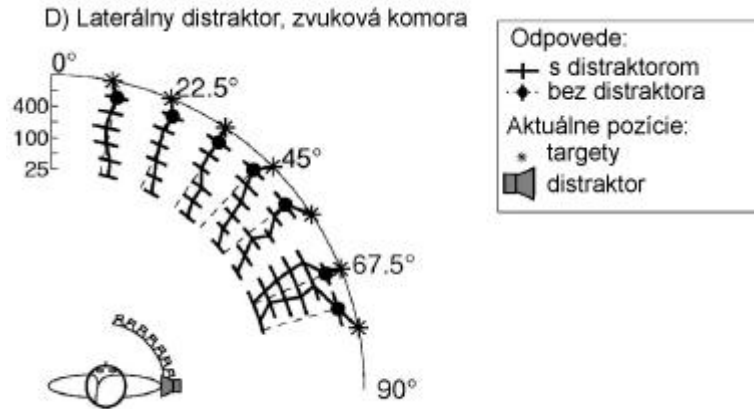
**Obr. 26 Graf znázorňujúci časový priebeh kola**

Na osi X sú jednotlivé subkola. Na osi Y sú posuny vzhľadom k skutočnej polohe reproduktora.

Ako je vidieť plasticita sa začala vyvíjať naplno až vo 4 subkole, a pretrvávala takmer až do konca.

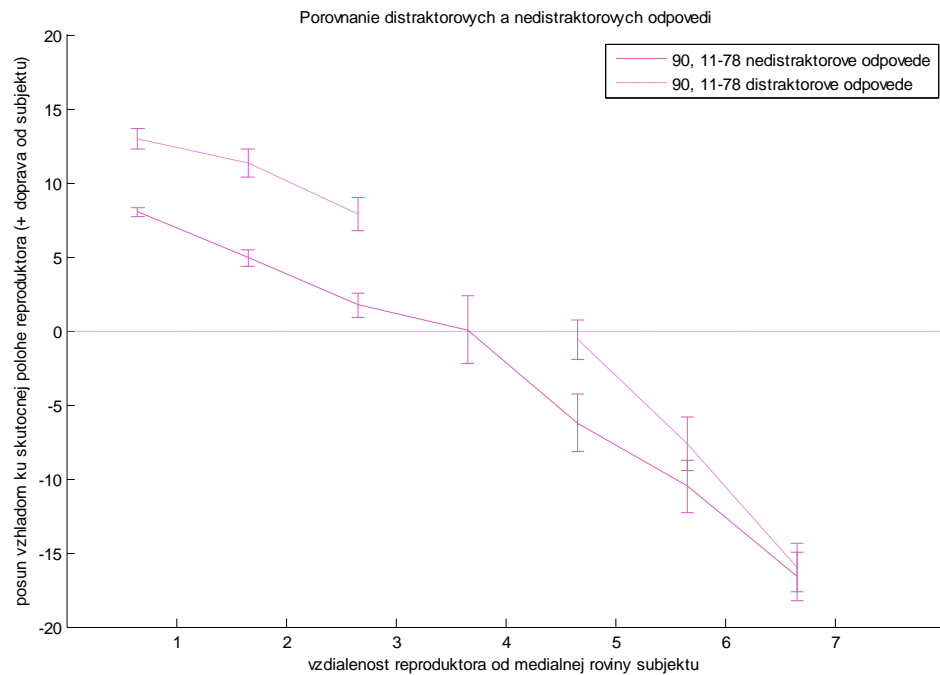
### **Porovnanie so štúdiou Shinn-Cunningham, Barbara, Gail**

V tejto štúdiu sa testovalo ako vplýva poloha distraktora na kontextuálnu plasticitu. Pri laterálnom distraktore sa testovali odpovede na stimuly ktorým predchádzal distraktor a stimuly bez distraktora. Kolo bez distraktora ako mam ja v mojom experimente (10 kolo) nemali. Tu boli odpovede ktorým predchádzal distraktor posunuté viac ako odpovede ktorým distraktor nepredchádzal.



Obr. 27 Laterálny distraktor - štúdia Shinn-Cunningham, Barbara, Gail [13]

Ako vidieť odpovede ktorým nepredchádzal distraktor boli posunuté viac až na koniec kde sa to vymenilo.



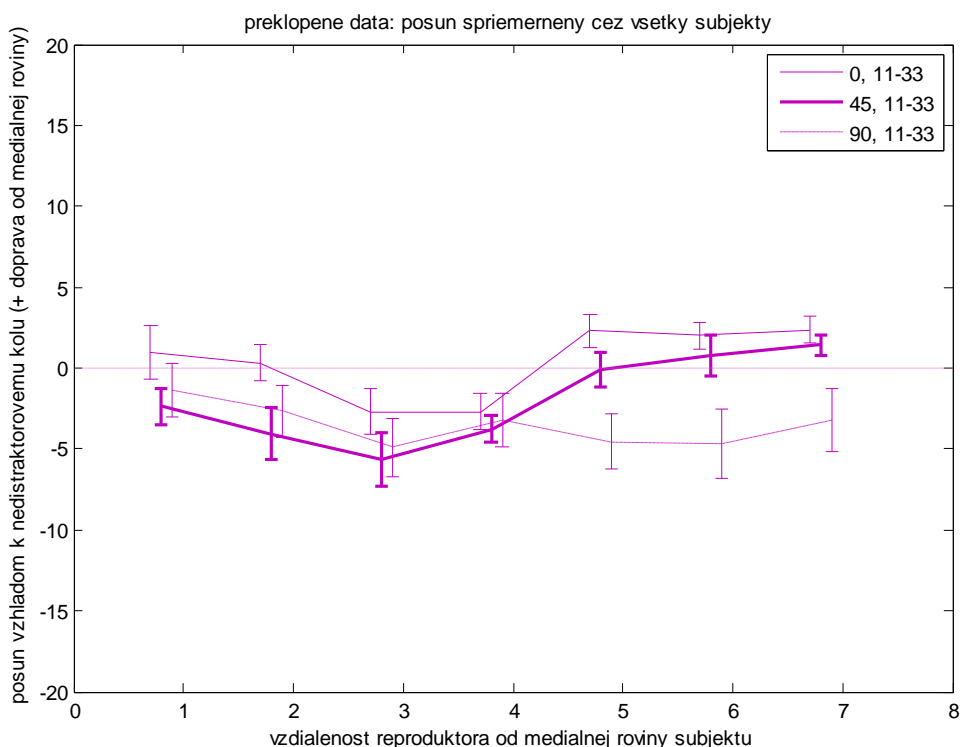
Obr. 28 Porovnanie distraktorových a nedistraktorových odpovedí

Ako vidieť v mojom experimente sa vykonal ekvivalentný posun.

## Záver

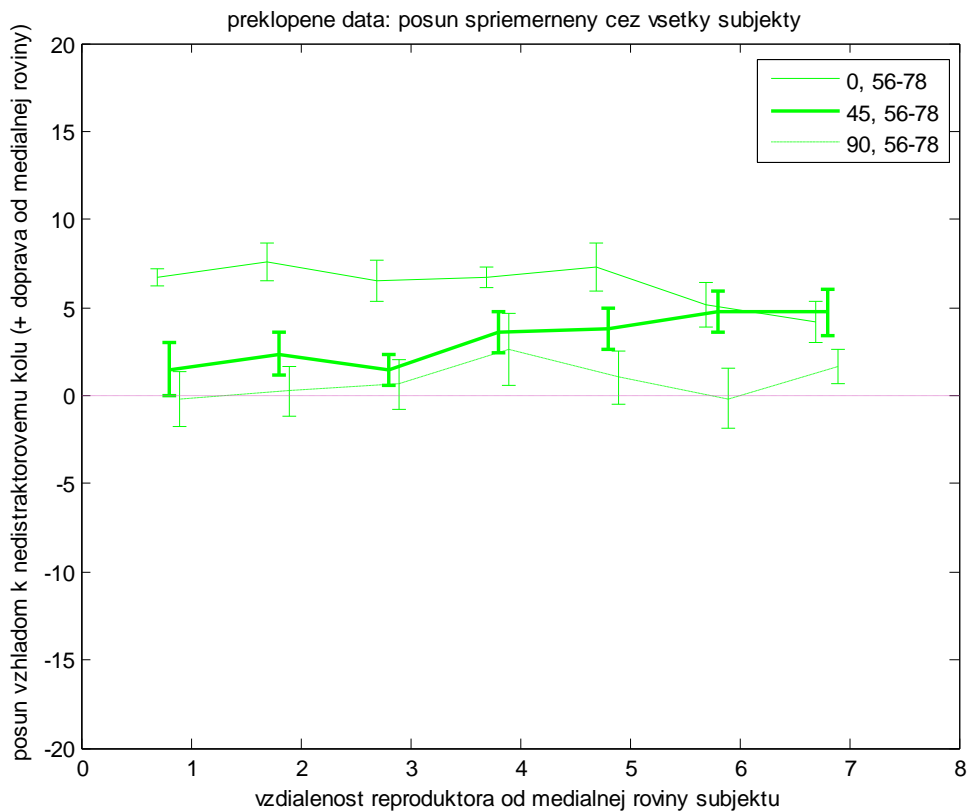
Pre laterálny distraktor sa vykonal najväčší posun pre typ kola kedy bol stimuly, ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z reproduktorov 1,2,3. Najmenší posun sa vykonal pre typ kola kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z reproduktorov 5,6,7. Tento distraktor mal posun do opačnej strany ako laterálny distraktor, čiže smerom k subjektu. Ale vzhľadom k distraktoru sa posun nemenil, bol smerom od distraktora. Výsledkom týchto meraní je, sa potvrdilo, že kontextuálna plasticita závisí od polohy stimulov, ktorým predchádza distraktor.

### 5.6.4 Porovnanie distraktorov medzi sebou



Obr. 29 Graf popisujúci distraktory navzájom pre typ kola 11-33

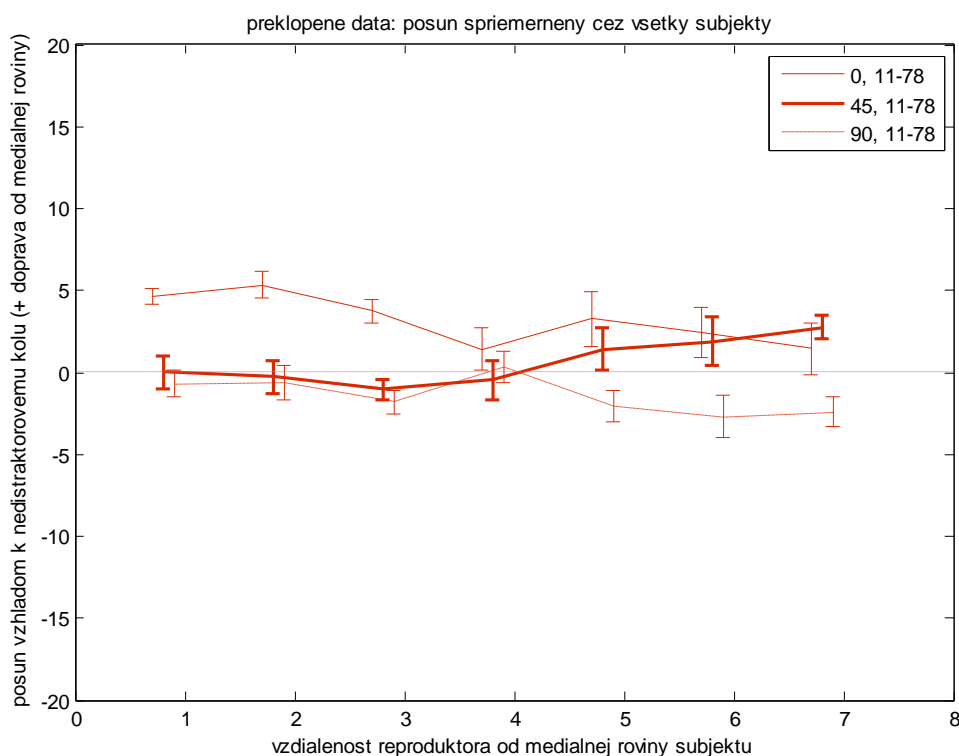
Na osi X máme vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y máme posun vzhľadom k nedistraktorovému kolu. Najväčší posun je tu viditeľný pre frontálny distraktor. Najmenší pre distraktor na 45 stupňoch.



**Obr. 30** Graf popisujúci distraktory navzájom pre typ kola 56-78

Na osi X máme vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y posun vzhľadom k nedistraktorovému kolu.

Tu je taktiež viditeľný najväčší posun pre frontálny distraktor. Pre laterálny distraktor sa vykonal taktiež posun ale menší. Pre distraktor na 45 stupňoch sa nevykonal takmer žiadny posun.



**Obr. 31 Graf popisujúci distraktory navzájom pre typ kola 11-78**

Na osi X máme vzdialenosť reproduktora od subjektu. Na osi Y máme posun vzhľadom k nedistraktorovému kolu.

Najväčší posun je opäť pozorovateľný pre frontálny distraktor. Pre laterálny distraktor je pozorovaný malý posun, taktiež ako aj pre distraktor na 45 stupňoch.

### Záver

Z porovnania distraktorov navzájom môžeme jednoznačne povedať že frontálny distraktor mal vždy najväčší efekt a nastal pri ňom najväčší posun. Pre laterálny distraktor sa vyvolal posun do opačnej strany ako mal frontálny vzhľadom k nedistraktorovému kolu. Pre distraktor na 45 stupňoch sa vyvolali najmenšie posuny.

### 5.6.5 Analýza hypotéz

#### Frontálny a laterálny distraktor:

1. Väčšie posunutie sa vyvolá pre distraktor na 0 stupňoch než na 90 stupňoch.

---

Potvrdila sa táto hypotéza, najväčšie posunutia sa vykonali pre tento frontálny distraktor.

2. *Najväčšie posunutie sa vyvolá pre stimuly ktorým predchádza distraktor prehrávané z celého polkruhu, menšie pre distraktorové stimuly blízko (tj napríklad reproduktory 1,2,3 pre distraktor na 0 stupňoch), najmenšie pre distraktorové stimuly ďaleko. Je ale možné, že silnejšie posunutie bude pre distraktorové stimuly blízko, než pre všade, pretože pre distraktorové stimuly blízko bude každý speaker použitý 2x častejšie.*

V našom experimente sme pozorovali najväčší posun pre kolo kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z pozícií ďalej od distraktora. Čiže pre frontálny distraktor to boli pozície 5,6,7 a pre laterálny distraktor to boli pozície 1,2,3. Takže táto hypotéza sa nepotvrdila.

#### **Distraktor na 45 stupňoch:**

3. *Efekt bude väčší pre distraktorové stimuly na reproduktoroch 5,6,7 než pre reproduktory 1,2,3. Pre distraktorové stimuly z reproduktorov všade sa nevykoná žiadny efekt?*

Pre tento distraktor boli pozorované najmenšie, respektíve žiadne posunutia. Pre reproduktory 5,6,7 bolo posunutie trochu väčšie ako 1,2,3. Pre stimuly ktorým predchádzal distraktor všade sa nevykonal takmer žiaden efekt. Táto hypotéza sa potvrdila.



## 6 Záver

Z môjho experimentu je jasné že naša sluchová mapa je plastická. U testovacích subjektoch sa opätovne v každom kole vyvolala plasticita ktorá pretrvávala až do konca kola.

Zistil som že kontextuálna plasticita závisí od polohy distraktora. Najväčšia plasticita sa vyvolávala pre frontálny distraktor. Pre laterálny sa vykonala taktiež plasticita. Obe posunutia sa vykonávali smerom od polohy distraktora.

Z experimenty taktiež vplýva, že kontextuálna plasticita závisí aj od polohy stimulov ktorým predchádza distraktor. Z meraní som zistil že najväčšia plasticita sa vykonávala pre kolo v ktorom boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané len z lokalizácii ďalej od distraktora. Pre frontálny distraktor to boli polohy reproduktorov 5,6,7 a pre laterálny distraktor 1,2,3.

Zistil som taktiež že distraktor na 45 stupňoch nespôsobuje takmer žiaden efekt. Pre tento distraktor za vyvolal zaujímavý posun kedy pre kolo v ktorom boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané len reproduktorov 1,2,3 vykonal smerom k subjektu. Pre typ kola kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z reproduktorov 5,6,7 sa vykonal smerom od subjektu. Pre typ kola kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z celého polkruhu sa nevykonal žiaden efekt. Tieto pozorovania môžu naznačiť istú expanziu našej sluchovej mapy, avšak vyššie rozsahy vychýlenia sa to nemôžu definitívne potvrdiť.

Najväčšia plasticita sa vyvolala pre frontálny distraktor v kole kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z reproduktorov 5,6,7.

Najmenšia plasticita sa vyvolala pre distraktor na 45 stupňoch kedy boli stimuly ktorým predchádzal distraktor prehrávané z celého polkruhu.

Myslím že môj experiment priniesol nové poznatky v štúdiu plasticity a faktorov ktoré ju ovplyvňujú.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] RYBÁR, Peter – Šírenie zvuku vo vzduchu  
<http://www.akustika.sk/pix/dwnld/sirenierzvuku.pdf>
- [2] KOPČO Norbert – Anatómia a fyziológia sluchovej dráhy – kortikálne spracovanie dráhy
- [3] KOPČO, Norbert – Priestorové a sluchové vnímanie a jeho neurálny kód
- [4] V. WILSON, Tracy – How Virtual Surround Sound Works  
<http://electronics.howstuffworks.com/virtual-surround-sound2.htm>
- [5] O. DUDA, Richard – 3-D Audio for HCI
- [6] KOPČO, Norbert – ANDOGA, Rudolf – Mozgové štruktúry a mechanizmy riadenia strategickej pozornosti
- [7] KOPČO, Norbert – PODOLÍNSKY, Marek – Endogénna pozornosť a priestorový sluch  
[http://cns.bu.edu/~kopco/k/06/kognice06/kopco\\_podolinsky\\_kognice06.pdf](http://cns.bu.edu/~kopco/k/06/kognice06/kopco_podolinsky_kognice06.pdf)
- [8] KOPČO, Norbert – Prednáška pozornosť
- [9] TOMORIOVÁ, Beáta – Krosmodálne riadenie pozornosti pri priestorovo počúvaní
- [10] SHINN-CUNNINGHAM, Barbara, Gail – Project proposal
- [11] TOMORIOVA, Beáta – Neurálna plasticita a riadenie strategickej pozornosti pri priestorovom sluchovom vnímaní
- [12] SHINN-CUNNINGHAM, Barbara, Gail – models of plasticity in spatial auditory perception
- [13] KOPČO, N. - BEST, V. – SHIN CUNNINGHAM, BG (2007). Sound localization with a preceding distractor, Journal of the Acoustical Society of America, 121, 420-432. Dostupné na internete:  
<http://cns.bu.edu/~kopco/k/06/clickpaper/clickpaper.pdf>

## Prílohy

- Príloha A: CD médium
- Príloha B: Používateľská príručka
- Príloha C: Systémová príručka
- Príloha D: Obrazová príloha