



## **Středoškolská technika 2013**

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

# **LIDSKÁ NAVIGACE V ODDĚLENÝCH ORIENTAČNÍCH RÁMČÍCH**

**Barbora Tomášová**

První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové  
Brandlova 875, Hradec Králové 500 03

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval(a) samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl(a) všechny prameny, ze kterých jsem vycházel(a).

V Hradci Králové dne 3. ledna 2013

.....

Barbora Tomášová

## **Poděkování**

Děkuji všem lidem, kteří mi svými radami a zkušenostmi pomohli k úspěšnému vytvoření a dokončení této práce. Jmenovitě bych ráda poděkovala vedoucímu práce panu RNDr. Michalu Hruškovi, paní Mgr. Ladě Kacálkové, PhD. za zprostředkování vědecké stáže a panu Mgr. Kamilu Vlčkovi, PhD. za poskytnutí cenných teoretických materiálů a možnosti pracovat a provést testy v rámci Fyziologického ústavu AV ČR na Vídeňské ulici v Praze.

V Hradci Králové dne 3. ledna 2013

Barbora Tomášová

## Anotace práce v českém jazyce

TOMÁŠOVÁ, B. *Lidská navigace v oddělených orientačních rámcích*. Hradec Králové, 2013. Práce soutěže *Tvořivá klávesnice* na Prvním soukromém jazykovém gymnáziu v Hradci Králové. Vedoucí práce RNDr. Michal Hruška.

**Práce se zabývá** navigací a orientací v oddělených orientačních rámcích, tzn. v různých prostředích. **V práci jsou statisticky vyhodnoceny výsledky jednoho z dílčích prováděných virtuálních testů** aplikovaného na osobách ve věku od 15 do 40 let. **K hlavním závěrům patří zjištění**, že existuje signifikantní časový rozdíl v rychlosti reakcí lidského mozku při střídání jednotlivých orientačních rámců. Zjistilo se, že za tyto rozdíly jsou pravděpodobně zodpovědné změny v hipokampu, části mozku zodpovědné za lidskou prostorovou navigaci. Byla zaznamenána zpomalená reakce hipokampu při přepínání mezi jednotlivými navigačními rámci. **Praktickým výstupem práce jsou** grafy zaznamenaných výsledků, které názorně zobrazují změny v rychlosti reakcí testovaných lidí.

**Klíčová slova:** virtuální test, rychlost reakce, signifikantní rozdíl, hipokampus

## **Annotation**

TOMÁŠOVÁ, B. *Spatial navigation in different reference frames*. Hradec Králové, 2013. Thesis competition *Tvořivá klávesnice* at First Private Language Grammar School Hradec Králové. Thesis Supervisor RNDr. Michal Hruška.

This thesis deals with spatial navigation and orientation in different reference frames. The results of one virtual test applied on people aged 15 to 40 are statistically evaluated in this work. The main conclusion is represented by the finding that there is a significant time difference in the reaction speed of human brain depending on the reference frames alternation. It was detected that the changes in hippocampus are probably responsible for these differences. Also slowed-down function and hippocampus reaction during the navigation frames alternation was noticed. The real work output are the graphs of the results which schematically show the changes in the reaction speed of the tested persons.

**Keywords:** virtual test, reaction speed, significant difference, hippocampus

## 1 Obsah

---

<b>1 Teoretická část práce</b> .....	10
1.1 ORIENTACE A JEJÍ TYPY .....	10
1.1.1 Topografická orientace.....	10
1.1.2 Geografická orientace.....	10
1.1.3 Egocentrická a allocentrická orientace .....	11
1.1.4 Kognitivní mapa .....	12
1.1.5 Referenční rámec.....	13
1.2 MOZKOVÉ STRUKTURY ZODPOVĚDNÉ ZA PROSTOROVOU ORIENTACI .....	13
1.2.1 Hipokampus.....	13
<b>2 Praktická část práce</b> .....	13
2.1 Materiál a metodika.....	13
2.1.1 Virtuální test zjišťující přepínání mezi jednotlivými orientačními rámci .....	13
2.1.2 Dílčí verbální test .....	15
2.2 Hypotézy .....	17
2.3 Výsledky.....	18
2.4 Vyhodnocení výsledků .....	18
<b>3 Diskuse</b> .....	23
<b>4 Závěr</b> .....	23
<b>5 Bibliografie</b> .....	24

## Úvod a cíl práce

Práci na téma Lidská navigace v oddělených orientačních rámcích jsem si vybrala v rámci projektu Otevřená Věda, který vyhlašuje Akademie věd ČR jakožto pokus o zpřístupnění vědy středoškolským studentům a pro ně z toho vycházející možnost podílet se na jednom z probíhajících výzkumů a navázat kontakty s předními vědeckými pracovišti v České republice. Toto konkrétní téma jsem zvolila zejména kvůli svému zájmu o prohloubení svých znalostí v oblasti biologických disciplín. Oslovilo mne, že se tato stáž zaměřuje především na studium lidského mozku a principech jeho fungování v určitých situacích. Doufám, že tyto nově získané poznatky, které shledávám velmi zajímavými, využiji i ve svém dalším studiu.

Cílem projektu je výzkum lidské navigace v oddělených orientačních rámcích. Při pohybu v prostředí nám vnitřní prostorová reprezentace tohoto prostředí umožňuje plánovat jak dosáhneme vzdálených cílů. Taková reprezentace obsahuje důležitá místa prostředí, jako budovy, stromy nebo cesty. Pohyb může oddělit dvě takové reprezentace, například při jízdě autobusem nebo na kolotoči. Toto oddělení vytváří dva orientační rámce - stabilní a pohybující se. V nedávné době byl v rámci Fyziologického ústavu AV ČR vyvinut test navigace pro lidi na otáčející se kruhové aréně za použití virtuální reality. Cílem práce jsou další experimenty zjišťující čas potřebný k aktivaci reprezentace referenčního rámce a další rozpracování tohoto problému.

### TEORETICKÉ CÍLE:

- Prohloubit své znalosti v oblasti přírodních věd
- Obeznámit se se stylem práce na vědeckém pracovišti
- Zdokonalit se v práci s především literárními zdroji a jejich zpracovávání

### PRAKTICKÉ CÍLE:

- Provést jeden z virtuálních testů zkoumajících rychlost reakcí
- Vytvořit shrnující grafy
- Pokračovat v dalším zkoumání této problematiky i po skončení školní projektové soutěže Tvořivá klávesnice 2013 (stáž v rámci Otevřené Vědy je na 2 roky, projekt není zdaleka hotový, zde představuji jen malou dílčí část)

### METODY:

- Provedení testu na počítači
- Zpracování sebraných informací
- Vytvoření shrnujících grafů výsledků v programech STATISTICA a MATLAB

# 1 Teoretická část práce

---

## 1.1 ORIENTACE A JEJÍ TYPY

---

Orientace v prostoru je každodenní běžnou součástí života nejen všech lidí, ale také ostatních zvířat a organismů žijících na této planetě. Přesto se ovšem domnívám, že o principech jejího fungování a důležitosti tohoto jevu v našich životech přemýšlíme jen opravdu velice zřídka. Někteří živočichové dokáží ke své orientaci v prostoru využívat díky své senzitivitě a schopnostem různých metod, které mohou být pro lidi jen těžko pochopitelné. K těmto způsobům patří orientace díky vlastnostem a změnám v magnetickém poli Země, kterou dokáží využívat zejména stěhovaví ptáci při migraci v jednotlivých ročních obdobích. Podobně je známa orientace podle nebeských těles využívána některými mořskými živočichy, například želvami či medúzami. Když ale pomineme tyto speciální schopnosti, jistým typem prostorové orientace je také schopnost člověka trefit z místa A do místa B nebo zapamatování si a nalezení určitého bodu/místa, kam potřebujeme dojít. Nejdůležitějším zdrojem informací o okolním prostoru jsou pro nás v těchto případech předměty, stavby a přírodní reliéfy. Kromě vizuální stránky můžeme také získávat alespoň částečnou orientaci také pomocí ostatních smyslových vjemů, tj. sluchové poznatky, hmatatelné tvary, pachy. Vědci se obecně domnívají, že někteří z vyvinutějších živočichů jsou schopni si na základě těchto poznatků vytvořit v hlavě vlastní tzv. kognitivní mapu svého okolního prostředí, podle které se mohou bez problémů pohybovat.

### 1.1.1 Topografická orientace

---

Topografická orientace je využívána zvířaty a lidmi především na krátké vzdálenosti, tedy v rámci životního prostředí jedince. Jedná se o orientaci při pohybu za potravou, hledání partnera, útoky predátorů a pohyb ostatních živočichů jakožto únik před těmito nebezpečnými atakami. Habitaty (habitat - rozsah běžného každodenního života jedince) jsou velmi variabilní a nemusí být vždy úměrné velikosti živočicha. Například u pouštního mravence *Cataglyphis fortis* tvoří tato oblast až několik stovek metrů (putuje za potravou dlouhou klikatou trajektorií), zatímco u křečka polního není habitat zpravidla větší než desítky metrů. Topografická orientace bývala často předmětem rozsáhlého experimentálního studia testováním v různých prostorových bludištích (STUCHLÍK 2003). Typickým zvířetem, u kterého se sleduje chování v bludišti a následné vytváření selektivní kognitivní mapy, je potkan.

### 1.1.2 Geografická orientace

---

Termínem geografická orientace se rozumí orientace při pohybu na velké zeměpisné vzdálenosti. Patří sem zejména několikasetkilometrové letecké migrace stěhovavých ptáků. Je ověřována různými mechanismy, mezi které patří například magnetické pole Země, které živočichům poskytuje dostatečné množství potřebných informací ke schopnosti navigace, které dokáží senzitivní živočichové využít. Jedním ze způsobů využití je využití úhlu, pod kterým magnetické siločáry protínají zemský povrch. Tak živočichové získávají informace o vzdálenosti rovníku a pólů, neboť se úhel siločar mění rovnoměrně s aktuální zeměpisnou šířkou.



### 1.1.3 Egocentrická a allocentrická orientace

Egocentrická orientace je závislá především na přesné aktuální pozici subjektu, používá relativní reprezentaci prostoru vzhledem k vlastnímu tělu. Naopak allocentrická orientace je nezávislá na pozici jedince, ale využívá prostor ve formě mapy, která obsahuje důležité okolní body v prostředí (orientační značky).

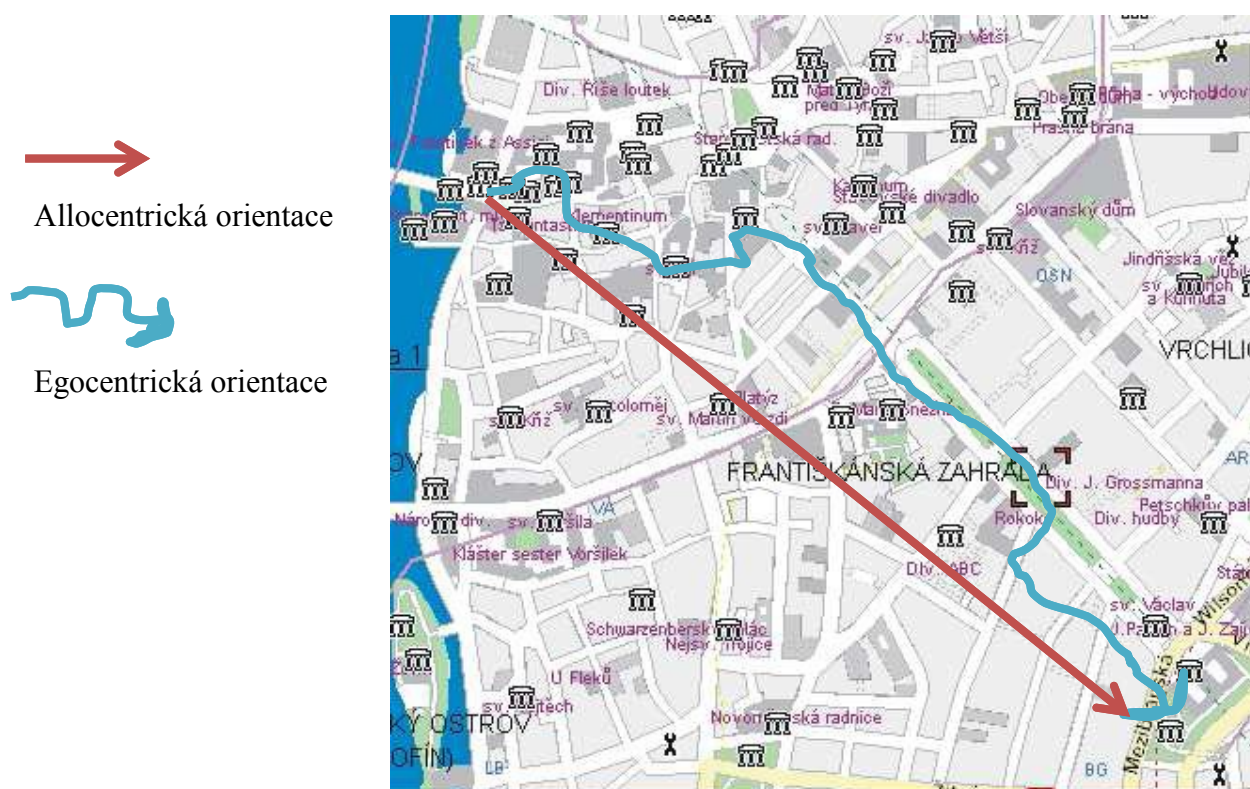
V praxi můžeme tento rozdíl sledovat například při úkolu dostat se z Místa A do Místa B. Pro lepší představu můžeme zvolit:

- Místo A – Karlův most (Praha)
- Místo B – Václavské náměstí (Praha)

(Předpokládá se, že máme alespoň přibližnou představu, kde se tato místa nacházejí.)

- Budeme-li se orientovat podle navigace **allocentrické**, půjdeme přímo bez jakýchkoli odboček, tzn. pouze na základě své aktuální polohy v prostoru a znalosti směru, kde cílové místo (Václavské náměstí) leží. V tomto případě bychom zřejmě vytvořili nereálnou trasu vedoucí skrz budovy. Člověk orientující se podle tohoto typu orientace ve skutečnosti tedy prochází uličkami se snahou stálého udržení směru při dosažení cílového místa.
- Budeme-li se orientovat podle navigace **egocentrické**, půjdeme na základě nám již z minulosti známých míst, tzn. podle orientačních značek.

Oba tyto způsoby dosažení cíle mohou být v mnoha případech pohybu v předem známém prostoru úspěšně provedeny, záleží na vhodném zvolení.

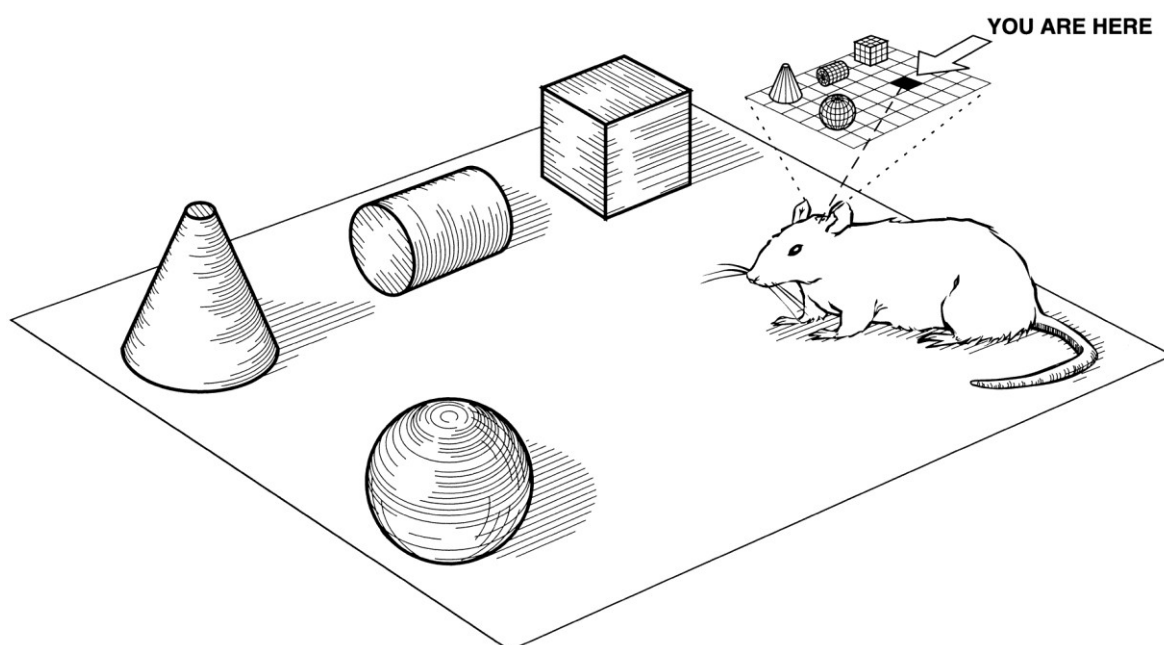


Obrázek 1:

[http://www.mapy.cz/#x=14.442289&y=50.088486&z=14&t=s&q=praha&qp=10.565082\\_48.553245\\_20.291225\\_50.876501\\_6](http://www.mapy.cz/#x=14.442289&y=50.088486&z=14&t=s&q=praha&qp=10.565082_48.553245_20.291225_50.876501_6)

#### 1.1.4 Kognitivní mapa

Kognitivní mapa je vnitřní reprezentace prostoru u živých organismů, která umožňuje pohybovat se a reagovat na základě již dříve naučených znalostí a na základě předchozích úspěšných i neúspěšných pokusů o dosažení stanoveného cíle (TOLMAN 1948). Tento jev byl poprvé pozorován v první polovině 20. století americkými vědci, kteří při experimenty s potkany vysledovali jejich schopnost po určité době dosáhnout cíle pomocí vytvoření kognitivní mapy, což vypovídá o jejich pochopení prostorových vztahů mezi jednotlivými objekty a předměty z okolního prostředí jedince. Kognitivní mapa je tedy vytvoření si v mozku reprezentace okolního prostředí, která organismům umožňuje orientovaný pohyb v prostoru. Tato vnitřní reprezentace prostoru musí tedy zahrnovat všechny důležité body a předměty vyskytující se v reálném okolí živočicha. Poskytuje zároveň informace o jejich vzájemné vzdálenosti a úhlech, které mezi sebou svírají. Jedinec tak určuje svou polohu vůči okolním dosažitelným orientačním bodům.



Obr. 3 Kognitivní mapa neboli vnitřní reprezentace okolního prostoru sloužící k prostorové orientaci, převzato z EICHENBAUM et al. 1999.

Před vytvořením kognitivní mapy je zapotřebí dostatečný aktivní průzkum prostředí, během níž dojde k osvojení rozmístění předmětů v prostoru. Tento způsob orientace byl proto kritizován pro dlouhý čas nutný k vytvoření této vnitřní reprezentace (TOLMAN 1948).

### 1.1.5 Referenční rámec

---

Referenční neboli orientační rámec je jakýsi vztažný systém, podle kterého určujeme pozici objektů v prostoru. Používáme dva základní orientační rámce:

1. Z pohledu objektu, sebe sama = **egocentrický**
2. Z pohledu okolí, prostředí = **allocentrický**

### DISOCIACE REFERENČNÍCH RÁMCŮ POHYBEM

Například v tramvaji nebo na kolotoči zažíváme 2 orientační rámce současně: interiér a okolí. Otázka zní, zda jsme orientovaní v obou rámcích současně nebo mezi nimi musíme stále přepínat (VLČEK 2010). Tato problematika stále ještě nebyla zcela vyjasněna a v současné době probíhá její testování.

## 1.2 MOZKOVÉ STRUKTURY ZODPOVĚDNÉ ZA PROSTOROVOU ORIENTACI

---

### 1.2.1 Hipokampus

---

Hipokampus (latinsky hippocampus) je součást spánkového laloku. Jeho tvar nápadně připomíná mořského koníka. Je součástí mozkového limbického systému. Jeho vliv na prostorovou orientaci byl zjištěn pomocí aplikování kapilárních elektrod do hipokampální části mozku u potkanů. Prověřila se tak existence místových buněk. Jejich speciálnost spočívá v jejich aktivitě, která se projevuje pouze ve chvíli, kdy se živočich nachází ve styku s určitým konkrétním místem nebo oblastí. Každá skupina těchto buněk projevuje aktivitu v jiném prostředí (STUHLÍK 2003).

## 2 Praktická část práce

---

### 2.1 Materiál a metodika

---

#### 2.1.1 Virtuální test zjišťující přepínání mezi jednotlivými orientačními rámci

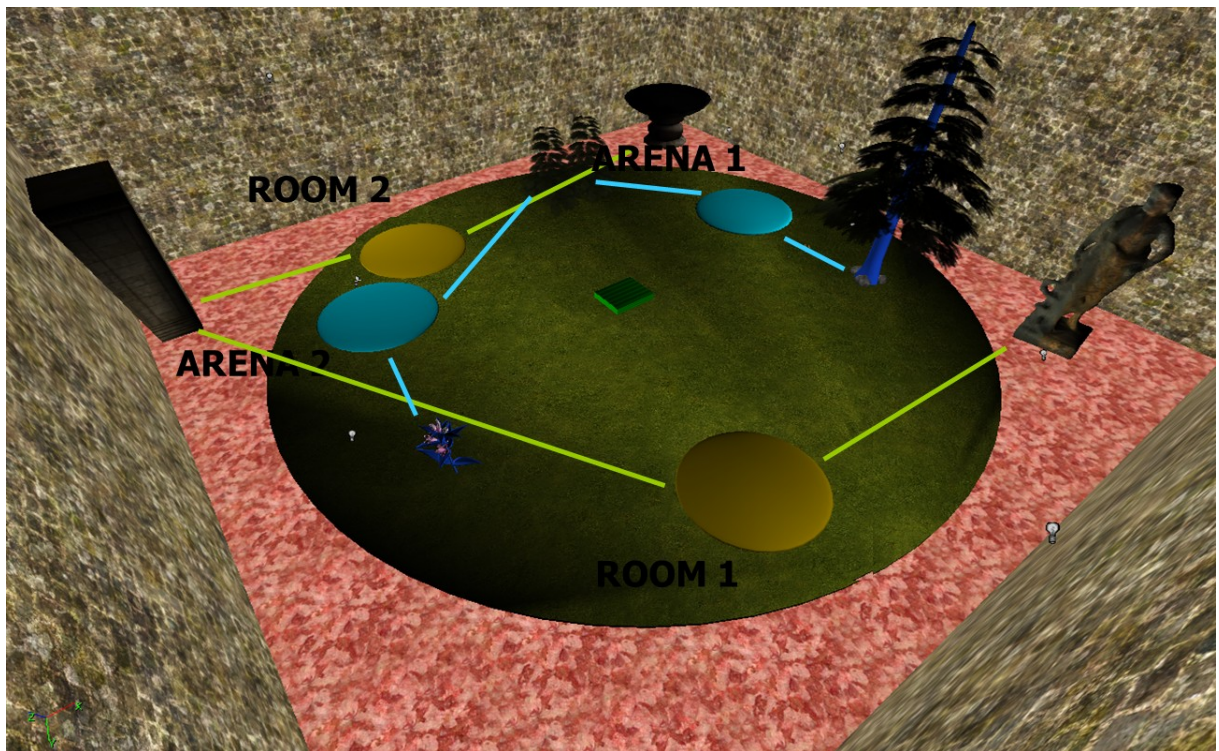
---

V minulých letech byl v rámci oddělení Neurofyziologie paměti na Fyziologickém ústavu AV ČR vytvořen s využitím prostředí počítačové hry Unreal Tournament (vytvoření externího prostředí a jeho obslužného programu je diplomová práce studentky MATFYZ UK) virtuální test, který je založen na bázi kruhové arény zasazené do čtvercové místnosti. V této aréně je umístěno 6 orientačních předmětů 3 z těchto předmětů (keř, strom, květina) jsou umístěné přímo na aréně a otáčí se tedy společně s ní. Další 3 objekty (socha, pilíř, váza) jsou součástí místnosti, zůstávají tedy stále na svých místech bezohledně na otáčení prostředku arény. Dále jsou v aréně umístěné 4 body. Z nichž **MISTNOST 1** a **MISTNOST 2** jsou stejně jako polovina orientačních bodů umístěné napevno v místnosti, neotáčí se. Body **ARENA 1** a **ARENA 2** jsou naopak součástí otáčivé části, otáčí se společně s arénou. Do středu otáčivé arény je umístěn „člověk“, tedy testovaná osoba. Na monitoru se poté střídavě objevují názvy těchto 4 bodů (A1/A2, M1/M2). Testovaná osoba má k dispozici nejprve trénink, při kterém jsou tato 4 místa viditelná v podobě koleček, aby si osvojil znalost prostředí a rozmístění orientačních značek. Testovaný musí vždy ze středu arény co nejrychlejší cestou dojít k požadovanému místu, jehož název se objeví na obrazovce. Po tréninku následuje ostrý test

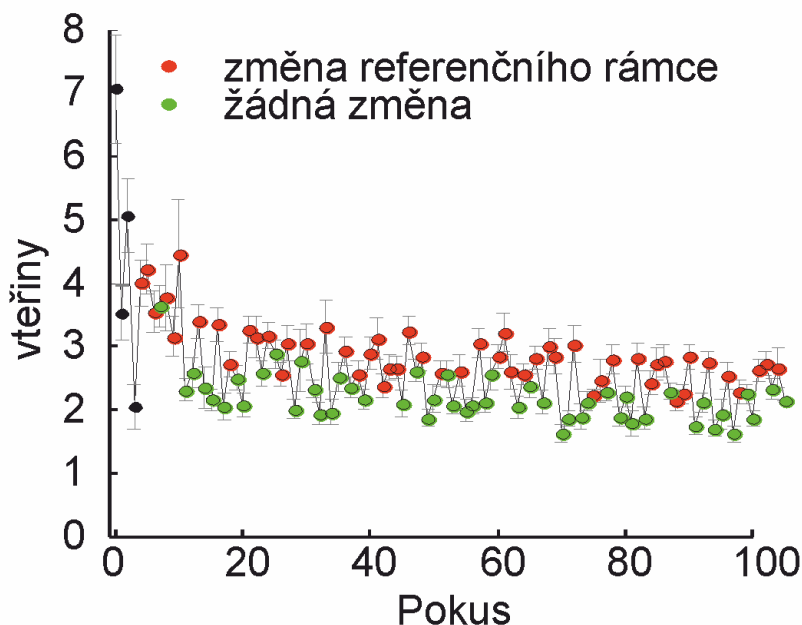


se 120 opakováními na stejném principu jako trénink pouze s tím rozdílem, že označení míst v aréně již nejsou viditelná, a testovaný na základě 6 orientačních značek musí vždy okamžitě dojít správným směrem do daného místa.

Principem testu je právě zjišťování, zda přepínání mezi jednotlivými orientačními rámci má vliv na rychlost reakce, tedy že když jsou dvakrát za sebou požadována místa ARENA 1/2 nebo MISTNOST 1/2, je rychlost jejich dosažení prověřitelně rychlejší, než když musí mozek přepínat mezi dvěma orientačními rámci, tedy mezi místy ARENA a MISTNOST. Tento rozdíl byl během testování dokázán a je dán tím, že místa nazvána ARENA se otáčí společně s otáčivým prostředím, zatímco místa nazvána MISTNOST zůstávají stále v stejné pozici, nehýbou se. Místa tedy reprezentují dva orientační rámce, mezi kterými musí člověk přepínat, což způsobí právě dané zpomalení při nalézání místa.



Obrázek 3: názorný obrázek virtuální arény (Vlček 2009)



Osa y (vteřiny) = čas ukázání cíle

Obrázek 4: graf ukazující signifikantní zpomalení reakce při změně orientačního rámce (Vlček 2009).

Na základě tohoto virtuálního testu bylo ve Fakultní nemocnici vytvořeno i testovací prostředí v reálném prostoru. Jedná se o velký stan vytvořený ve čtvercové místnosti zvaný Blue velvet aréna, neboť jeho stěny pokrývá hutný modrý samet. Tato lékařská praktika je využívána především k zjišťování kognitivních poruch a poruch orientace u duševně chorých lidí, ale je také nápomocná při výzkumu vzniku Alzheimerovy choroby, u níž jedním z prvních příznaků může být právě ztráta navigace v prostoru.

Virtuální test probíhá na dobrovolnících na oddělení Neurofyzologie paměti již čtvrtým rokem. Testování byli prozatím především osoby z řad studentů vysokých škol. Tento projekt proto stále dál probíhá za účelem získání více informací a materiálů k rozboru.

Já osobně jsem z časových a technických důvodů toto testování na žádných respondentech provést nemohla, chystám se k tomu ovšem v budoucích měsících. Prováděla jsem proto pouze dílčí verbální test, který byl na tomto založený.

### 2.1.2 Dílčí verbální test

Test, který jsem prováděla, nebyl zasazen do žádného virtuálního prostředí nebo prostoru. Jednalo se pouze o střídavé objevování se vždy 4 názvů na monitoru. Cílem bylo zjistit, zda se rychlost reakcí, stejně jako u prostorového testu, také liší v závislosti na střídání názvů. Tedy jestli lidskému mozku trvá déle zareagovat při přepínání mezi odlišnými názvy. Je ovšem důležité, aby se toto dílčí slovní testování provádělo na lidech, kteří nikdy předtím nepřišli do styku s testem prostorovým, u nich by evokace nějakého propojení s jakousi změnou prostředí byla více než zřejmá.

Test byl vytvořen v programu **PXLab** (soubory s koncovkou *pxd*). Výsledky se zobrazují do textového editoru jménem **PSPad** jakožto soubory s koncovkou *doc*.

Byly vytvořeny 3 testy, vždy se 4 názvy:

### 1. A1, A2, M1, M2

Názvy v tomto testu vznikly jako zkratka od označení z původního testu ARÉNA 1/2, MÍSTNOST 1/2. Tento test se prováděl jako první.

### 2. PARK 1, PARK 2, HRAD 1, HRAD 2

Tyto názvy jsou zvoleny protože, že obě tato slova jsou stejně dlouhá, tedy podobná.

### 3. ARENA 1, ARENA 2, MISTNOST 1, MISTNOST 2

Tyto názvy jsou zvoleny stejně jako v původním prostorovém testu. U jediné této verze ze všech tří se mírně očekávalo, že by zde mohly vzniknout jakési rozdíly v rychlosti reakcí, respektive zpomalení při střídání názvů ARENA/MISTNOST, viz hypotéza, výsledky.



Obrázek 5: názorná ukázka úvodní stránky testu, převzato z PXLab (Vlček 2012)



Obrázek 6: ukázka verbálního testu, převzato z PXLab (Vlček 2012)

### **METODIKA:**

Testovaná osoba se pohodlně usadila u mého počítače, kde byly nainstalované všechny příslušné programy. Já jsem pomocí data tehdy aktuálního data a iniciálu testovaného vytvořila každému jeho vlastní originální kód, pod kterým se poté ukládaly jeho příslušné výsledky.

Pokud bych tedy testovala řekněme Annu Novákovou 15. října 2012, její kód bude vypadat následovně: **an121015**.

Test je uzpůsoben tak, že každému ze 4 názvů přísluší 1 z kláves **F, G, H, J**

Každý člověk má v každém z testů jiné kombinace kláves, aby si to nemohl zapamatovat nazpaměť a neklikal už jen automaticky bez jakéhokoli přemýšlení. Na každý z test existuje 24 různých permutací kombinace kláves a názvů. Každé spuštění testu sestává z 60 tréninkových „kliknutí“, při kterém počítač testovanému hlásí, zda j jeho odpověď správná či ne. Dále následuje test obsahující 113 opakování, při kterém již musíte vědět, který název přísluší které klávese, chyby se pouze zaznamenávají do výsledkového souboru, avšak vám se na obrazovce již neukáží. Výsledky jsem zpracovala v podobě grafů (viz výsledky).

Počet respondentů: 24

Věk: 15-40 let

Pohlaví: 14 žen, 10 mužů

## **2.2 Hypotézy**

---

Hypotéza mé práce Lidská navigace v oddělených orientačních rámcích a především pak její praktické části v podobě virtuálního testu je, že střídání mezi různými požadovanými názvy- A/M respektive PARK/HRAD nebo ARENA/MISTNOST, nemá vliv na rychlost reakcí lidského mozku. Znamená to tedy, že veškeré reakce v každé z dílčích částí testu by měly být řádově podobné bez nějakých prokazatelných rozdílů. Předpokladem je, že bez představy reálného prostoru (hlavní test s otočnou arénou) by člověku nemělo střídání mezi jednotlivými názvy v mozku evokovat žádnou změnu a měl by být stále stejně rychlý. Tento

test by tedy měl fungovat jako kontrolní, že je opravdu podstatné vidět pro správnou představu i reálný prostor a že bez něho zákonitost zpomalení reakcí v hipokampu nefunguje.

## 2.3 Výsledky

---

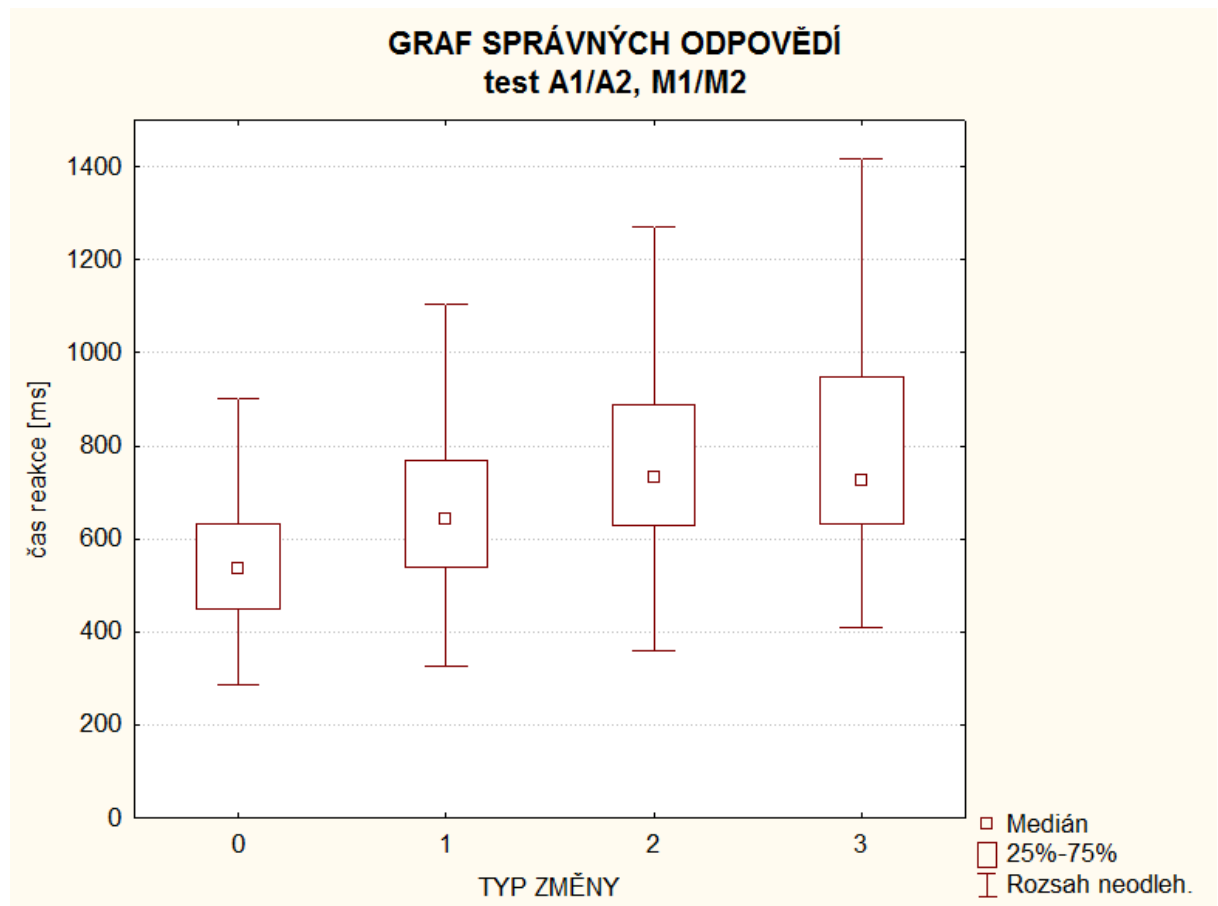
Výsledky verbálního testu vyšly velice překvapivě. Tedy že při střídání požadovaných názvů na monitoru opravdu dochází k jistému zpomalení v rychlosti reakce při kliknutí na správnou klávesu. Tato diference vyšla dle následného statistického zpracování a vytvoření grafů signifikantní ve všech třech variantách testu (A/M, PARK/HRAD, ARENA/MISTNOST). Dále bylo zjištěno, že průměrná doba reakce se u všech třech verzí testu pohybuje okolo 700 ms. Průměrný počet chyb pouze v ostrém testu se z těch celkových 70 opakování pohybuje okolo 9%, tedy přibližně 6 až 7 chyb v každém testu. Grafy jsem tvořila mediánové (medián = střední hodnota). Grafy pomocí aritmetického průměru by nemusely úplně odpovídat realitě, poněvadž se při testování mohlo stát, že jedna reakční doba byla několikanásobně větší než hodnoty ostatní například z důvodu nějakého rušivého vlivu nebo pomatení. Tyto hodnoty se pohybovaly až v řádu sekund (například až 8 s). Graf aritmetického průměru by tedy byl značně rozhozený zejména směrem k vyšším hodnotám.

## 2.4 Vyhodnocení výsledků

---

V následující kapitole přikládám již zmíněné mediánové grafy zobrazující všechny výsledky. Grafy byly zpracované v programu MATLAB, statistiky k jednotlivým grafům v programu STATISTICA.





Toto je graf výsledků prvního testu. Na ose  $y$  jsou zobrazeny průměrné rychlosti reakcí v milisekundách, na ose  $x$  jsou zobrazeny změny 0, 1, 2, 3, přičemž:

- **Změna 0:** beze změny, (A1 – A1)
- **Změna 1:** změna pouze čísla, stejný název (A1 – A2)
- **Změna 2:** změna názvu, stejná čísla (A1 – M1)
- **Změna 3:** změna názvu i čísla (A1 – M2)

Na grafu můžeme pozorovat, že při změnách v názvu je střední hodnota rychlosti reakcí opravdu vyšší

	<b>0 - R:558,25</b>	<b>1 - R:888,35</b>	<b>2 - R:1138,3</b>	<b>3 - R:1149,6</b>
<b>0</b>		0,00	0,000000	0,000000
<b>1</b>	0,00		0,000000	0,000000
<b>2</b>	0,00	0,00		1,000000
<b>3</b>	0,00	0,00	1,000000	

0 = A1/A1

1 = A1/A2

2 = A1/M1

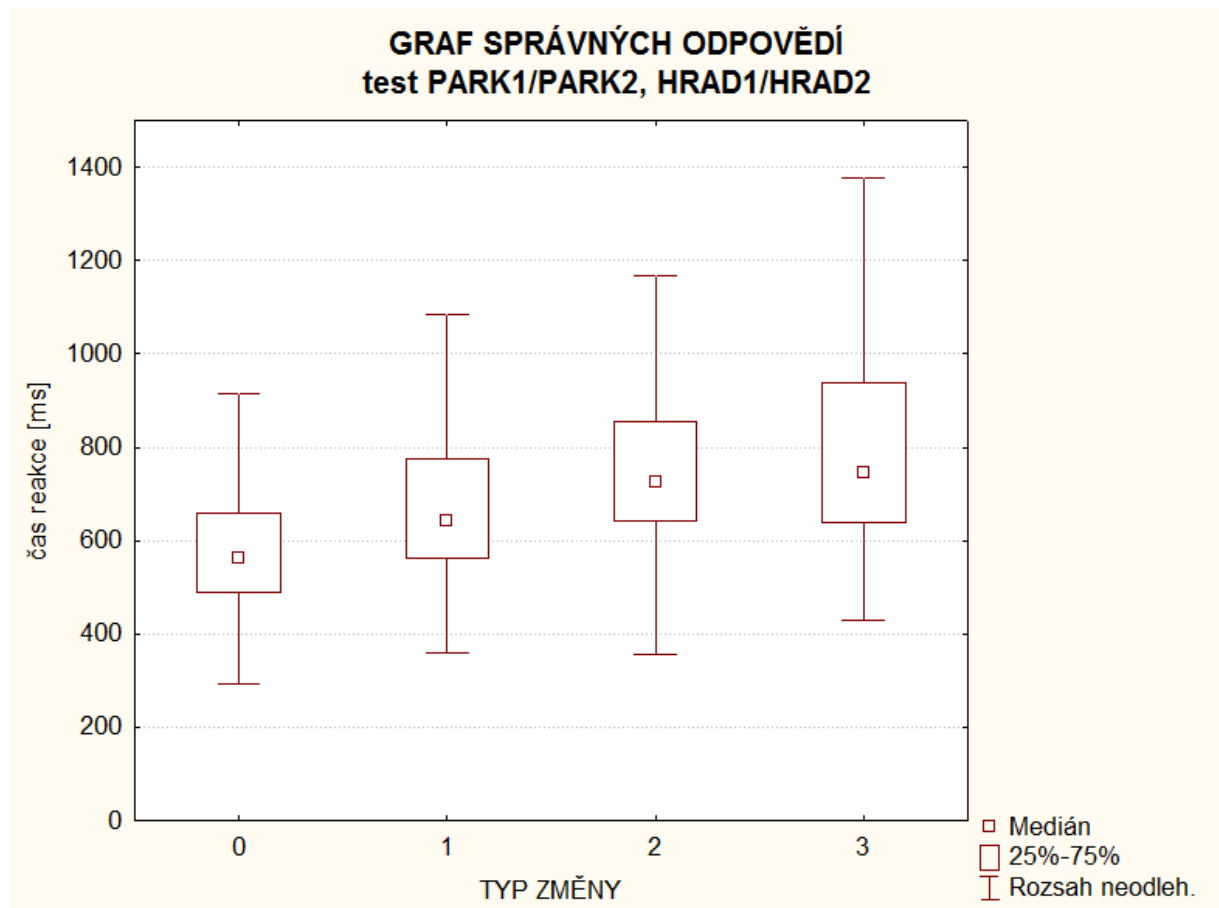
3 = A1/M2

Zde příkládám statistiku prvního testu.

0 = změna signifikantní, ne náhodná

1 = rozdíl je pouze náhodný

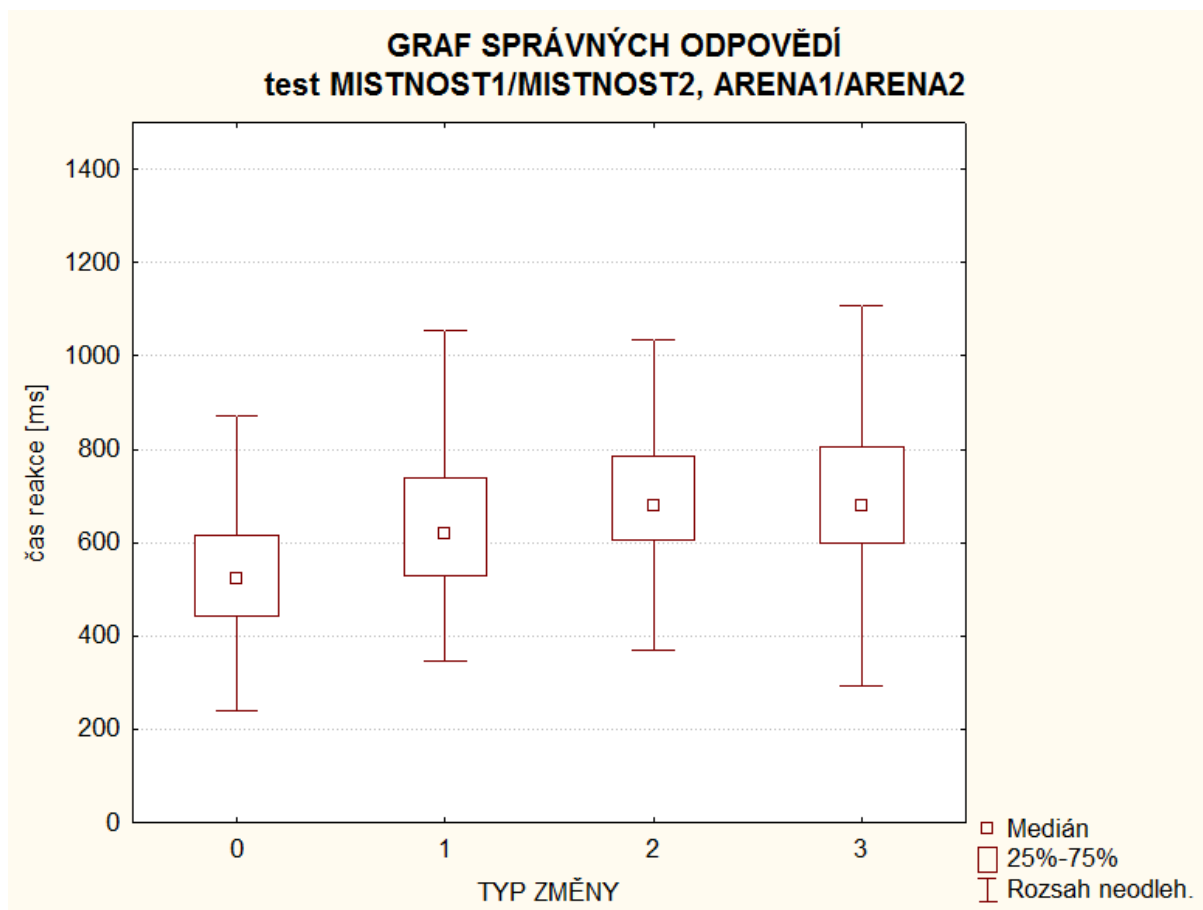
Můžeme tedy pozorovat, že mezi případy změny 2 a 3 tedy není žádný rozdíl, ačkoli by se to z grafu mohlo zdánlivě tak jevit.



Toto je graf výsledků druhého testu. Na ose  $y$  jsou zobrazeny průměrné rychlosti reakcí v milisekundách, na ose  $x$  jsou zobrazeny změny 0, 1, 2, 3, přičemž:

- **Změna 0:** beze změny, (PARK 1 – PARK 1)
- **Změna 1:** změna pouze čísla, stejný název (PARK 1 – PARK 2)
- **Změna 2:** změna názvu, stejná čísla (PARK 1 – HRAD 1)
- **Změna 3:** změna názvu i čísla (PARK 1 – HRAD 2)

Na grafu můžeme pozorovat, že při změnách v názvu je střední rychlost reakcí opravdu vyšší.



Toto je graf výsledků třetího testu. Na ose  $y$  jsou zobrazeny průměrné rychlosti reakcí v milisekundách, na ose  $x$  jsou zobrazeny změny 0, 1, 2, 3, přičemž:

- **Změna 0:** beze změny, (ARENA 1 – ARENA 1)
- **Změna 1:** změna pouze čísla, stejný název (ARENA 1 – ARENA 2)
- **Změna 2:** změna názvu, stejná čísla (ARENA 1 – MISTNOST 1)
- **Změna 3:** změna názvu i čísla (ARENA 1 – MISTNOST 2)

Na grafu můžeme pozorovat, že při změnách v názvu je střední rychlost reakcí opravdu vyšší.

GRAFY VŠECH 3 VERZÍ TESTU Tedy vyšly se stejnými výsledky, a to že ROZDÍL V RYCHLOSTI REAKCÍ PŘI VÝŠE JIŽ ZMIŇOVANÝCH ZMĚNÁCH JE OPRAVDU ZŘETELNÝ A DOKAZATELNÝ.

### 3 Diskuse

---

Při tvoření této práce se mi, myslím, podařilo splnit mnou stanovené cíle práce. Díky možnosti spolupráce na vědeckovýzkumném pracovišti Praze jsem získala alespoň rámcový přehled o tom, jakým způsobem chod takového zařízení funguje, a dostala jsem tak příležitost k prohloubení svých znalostí v oblasti daného biologického tématu. Naučila jsem se také lepšímu zpracování literárních zdrojů, respektive schopnosti výběru pouze toho nejdůležitějšího z daného článku nebo knihy. Při vyhotovování práce jsem nepoužila žádných internetových zdrojů, což nepovažuji za nevýhodu, poněvadž ve vyhledávání webových zdrojů by studenti středních škol měli být už z předchozích zkušeností zbláhli. Zkusila jsem si také zpracování grafů a zjistila tak, že není vždy potřeba vše otrocky a složitě zadávat do tabulek, ale existují programy, které umí člověku tuto zbytečnou práci výrazně ulehčit. Jedna část projektu se mi však prozatím splnit nepodařila. A tou je editace a lehké programování virtuálního prostředí a obslužných programů k prováděným testům.

V praktické části mé práce jsem ale prováděla test, který byl v tu chvíli nově vytvořen a nikdo ho do té doby neprováděl. Tento úsek práce tedy nemohu tak úplně s nějakými dřívějšími výzkumy porovnávat. Mohu ovšem konstatovat, že zjištěné výsledky odpovídaly výsledkům očekávaným.

### 4 Závěr

---

V této práci a především v její praktické části jsem došla k výsledku, že lidskému mozku trvá při vyplňování virtuálního testu se střídáním psaných názvů zareagovat déle, když za sebou následující názvy nejsou stejné a střídají se. Tedy, že propojení názvů s reálným prostorem se v mozku asociuje i u testování pouze s nápisy bez využití toho, že se testovaný nachází přímo ve virtuálním prostředí (otočné aréně.)

## Seznam použité literatury

### **5 Bibliografie**

---

- EICHENBAUM, H. (1999). *The Hippocampus, Memory, and Place Cells: Is it Spatial Memory or Memory Space*. Neuron.
- JACOBS, L. (2003). *The Evolution of the Cognitive Map* (Sv. Brain, Behavior and Evolution ).
- JHENG SS, P. M. (2009). *Cognitive map in patients with mild Alzheimer's disease*.
- MORRIS, R. (1984). *Developments of a water – maze procedure for studying spatial learning* (Sv. 11).
- STUHLÍK, A. (2003). *Prostor a prostorová orientace*. Praha.
- TOLMAN, E. (1948). *Cognitive maps in rats and men*.
- VLČEK, K. (2010). *navigace v reálném prostoru ve vývoji Alzheimerovy choroby*. Praha.
- VLČEK, K. (2009). *Kognitivní seminář. přednáška*, Praha.