

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Bc. Kateřina Dopitová

## **Percepce vertikality u pacientů po CMP**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Stacho

Olomouc 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 15. května 2017

.....

Podpis

Na tomto místě bych chtěla velmi poděkovat vedoucímu své práce Mgr. Jiřímu Stachovi za cenné připomínky a rady, které mi svým odborným vedením poskytl. Dále bych chtěla poděkovat veškerému personálu Oddělení rehabilitace Fakultní nemocnice Olomouc, který mi svým laskavým přístupem umožnil realizaci výzkumu, pacientům, za jejich trpělivost a ochotu zúčastnit se měření, své kolegyni Bc. Veronice Šípové za spolupráci při měření a v neposlední řadě mé rodině za podporu nejen při tvorbě diplomové práce, ale i během celého studia.

## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Diplomová

**Název práce:** Percepce vertikality u pacientů po CMP

**Název práce v AJ:** Perception of verticality in patients after stroke

**Datum zadání:** 2016-01-31

**Datum odevzdání:** 2017-05-15

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Bc. Kateřina Dopitová

**Vedoucí práce:** Mgr. Jiří Stacho

**Oponent práce:** Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

**Abstrakt v ČJ:** Diplomová práce se zabývá hodnocením percepce vertikality u dospělých pacientů po CMP, vztaženým k hodnotám skupiny dospělých srovnatelného věku bez neurologického postižení, představujících referenční skupinu. V teoretické části jsou shrnuty poznatky o cévní mozkové příhodě, percepce vertikality, posturální stabilitě u jedinců po CMP s nástinem možné rehabilitace. Ve výzkumné části je u souboru probandů po cévní mozkové příhodě a probandů kontrolní skupiny analyzována percepce vertikality prostřednictvím vyšetření na náklonné plošině a posturografického vyšetření.

**Abstrakt v AJ:** The thesis deals with the evaluation of the perception of verticality of adult patients after strokes in relation to the results of the group of adults the same age and they are without Neurological disabilities presenting the reference group. The knowledge and findings of vascular stroke, the perception of verticality, postural stability of individuals after strokes,

with the indication of possible therapy are summarized in the theoretical part. The perception of verticality of patients after strokes and probands of the monitored group are analyzed through the examination on a tilting platform and posturography examination are in the experimental part.

**Klíčová slova v ČJ:** percepce vertikality, cévní mozková příhoda, subjektivní posturální vertikála, subjektivní vizuální vertikála, subjektivní haptická vertikála, gravicepce.

**Klíčová slova v AJ:** perception of verticality, stroke, subjective visual vertical, subjective haptic vertical, subjective postural vertical, graviception.

**Rozsah:** 79 stran/4 přílohy

# Obsah

Úvod .....	8
<b>1 Percepce vertikality .....</b>	<b>9</b>
1.1 Senzorické informace podílející se na percepci vertikality .....	10
1.1.1 Vestibulární aparát .....	11
1.1.2 Somatosenzorický systém .....	11
1.1.3 Zrakový systém .....	12
1.2 Neurofyziologický podklad percepce vertikality .....	12
<b>2 Cévní mozková příhoda a její klinické důsledky .....</b>	<b>14</b>
2.1 Následky příhody podle lokalizace léze .....	14
2.2 Klinické důsledky CMP .....	15
2.2.1 Neglect syndrom.....	20
2.2.2 Pusher syndrom .....	21
2.3 Percepce vertikality u pacientů po cévní mozkové příhodě .....	23
<b>3 Způsoby vyšetření vertikality .....</b>	<b>25</b>
3.1 Vizuální vertikála .....	25
3.2 Posturální vertikála .....	26
3.3 Haptická vertikála.....	27
<b>4 Vyšetření posturální stability.....</b>	<b>28</b>
4.1 Dynamická počítačová posturografie NeuroCom® .....	28
<b>5 Rehabilitace pacientů s poruchou percepce vertikality .....</b>	<b>30</b>
<b>6 Cíle a hypotézy .....</b>	<b>33</b>
6.1 Cíl práce.....	33
6.1.1 Dílčí cíle: .....	33
6.2 Vědecké otázky a hypotézy .....	33
6.2.1 Vědecká otázka č. 1 .....	33
6.2.2 Vědecká otázka č. 2.....	33
6.2.3 Vědecká otázka č. 3.....	34
6.2.4 Vědecká otázka č. 4.....	34

<b>7</b>	<b>Metodika výzkumu .....</b>	<b>35</b>
7.1	Popis náklonné plošiny.....	35
7.2	Vyšetření na posturografu NeuroCom®.....	36
7.3	Charakteristika souboru.....	38
7.3.1	Experimentální skupina.....	38
7.3.2	Kontrolní skupina.....	39
7.4	Průběh měření.....	40
7.5	Zpracování a vyhodnocování dat.....	42
7.5.1	Statistické zpracování dat.....	42
<b>8</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>43</b>
8.1	Výsledky k vědecké otázce č. 1.....	44
8.2	Výsledky k vědecké otázce č. 2.....	47
8.3	Výsledky k vědecké otázce č. 3.....	49
8.4	Výsledky k vědecké otázce č. 4.....	50
<b>9</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>52</b>
9.1	Diskuze k metodice práce.....	52
9.2	Percepce vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců.....	53
9.3	Percepce vertikality s a bez zrakové kontroly.....	56
9.4	Percepce vertikality a míra posturální stability.....	57
9.5	Percepce vertikality a kvalita sensorických vjemů.....	59
9.6	Limity práce.....	63
	<b>Závěr .....</b>	<b>65</b>
	<b>Referenční seznam .....</b>	<b>67</b>
	<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>76</b>
	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>77</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>78</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>79</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>80</b>

## Úvod

Cévní mozková příhoda (CMP) patří v České republice k druhé nejčastější kardiovaskulární příčině úmrtí. V posledních letech se průběh cévní mozkové příhody stává příznivějším, s nižší letalitou a mírnějšími následky. Zlepšují se mechanismy primární i sekundární prevence. Tento vývoj samozřejmě klade výraznější nároky na následnou rehabilitační péči (Bruthans, 2009, pp. 128-131).

Rehabilitace těchto pacientů je dlouhodobá a je nutné řešit při ní především míru soběstačnosti a samostatnosti. Pro realizaci koordinovaného pohybu je nezbytná intaktní posturální stabilita (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216). Posturální kontrola vzniká interakcí četných senzomotorických procesů a nedostatečnost tohoto systému může vzniknout na úrovni kterékoliv části participující na posturální kontrole. Následkem zhoršené posturální stability je zvýšené riziko pádu a s ním spojené sekundární komplikace. Správné posouzení vertikality považuje řada autorů za důležitý faktor pro optimální posturální stabilitu (Kamphuis et al., 2013, pp. 1-2; Danells et al., 2004, pp. 2873–2874; Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216). Schopnost udržet tělo ve vzpřímené poloze vzhledem ke gravitačnímu poli Země je považována za multifaktoriální, a proto závislá na integraci informací poskytnutých různými zdroji. Tato integrace nám všem umožňuje pocit správné vertikální orientace těla v prostoru (Saeys et al., 2010, p. 297). Poškození mozkové tkáně cévní mozkovou příhodou v oblastech odpovědných za vedení nebo integraci vestibulárních, zrakových a somatosenzorických drah má za důsledek chybné posuzování vertikality.

Cílem této diplomové práce je určit míru percepce vertikality u skupiny pacientů s touto diagnózou a porovnat ji s mírou percepce vertikality u skupiny zdravých pacientů shodné věkové kategorie. Teoretické znalosti pro tvorbu této práce byly čerpány převážně ze zahraničních zdrojů. Použity jsou především elektronicky přístupné odborné články. Klíčová slova použitá při vyhledávání v databázích jsou uvedena v anotaci. Vyhledávání proběhlo v databázích Pubmed, Google scholar a Science direct. Všechny použité zdroje byly publikovány v letech 1972–2017. Pro účely této diplomové práce jsem použila 105 zdrojů z toho 101 zahraničních studií včetně 8 systematických revue. Vyhledávání jsem uskutečnila v období od 10. 11. 2015 do 1. 5. 2017.



# 1 Percepce vertikality

Lékařský a vědecký zájem o percepci vertikality u pacientů po cévní mozkové příhodě zaznamenal v posledních patnácti letech významný nárůst, a to ze dvou důvodů. V první řadě byla prokázána souvislost mezi posturálními poruchami a abnormálním vnímáním vertikality. Druhým důvodem je, že CMP poskytuje určitou modelovou analýzu, jak lidský mozek vytváří a aktualizuje vnímání vertikální osy těla, a které nervové struktury jsou základem této funkce. Ačkoli z klinických zkušeností z práce s pacienty po CMP už je poměrně dlouho známo, že vnímání vertikality u pacientů s touto diagnózou může být změněno, objektivně prokázáno to bylo až poměrně nedávno (Pérennou et al., 2014, p. 26).

K jakémukoliv pohybovému úkonu člověka je nezbytná orientace v okolním prostoru. Tato orientace je důsledkem činnosti centrální nervové soustavy (CNS), která integruje celou řadu multimodálních aferentních vjemů. Následkem této integrace je vznik subjektivní posturální pohybové jistoty. Mimo jiné, má člověk integraci aferentních vjemů v CNS i schopnost vnímání vertikálního směru, určité kolmice k zemi. Tento subjektivní vnímaný směr můžeme označit jako subjektivní vertikálu. Aby byl člověk schopen tuto vertikálu vnímat, musí jeho CNS rozlišovat mezi zrychlením zapříčiněným aktivním pohybem a gravitací (Barra et al., 2007, pp. 545-552).

Během pohybu lidský mozek integruje vjemy získávané analýzou vnějších podnětů a využívá je k neustálé aktualizaci reprezentace okolí a vlastního těla. Informace z těchto různých smyslových modalit jsou centrálně svedeny dohromady, aby vytvořily stabilní vjem světa, jehož součástí je i spolehlivý pocit svislosti neboli vertikály. Jak přesně jsou informace z různých smyslových kanálů nakonec organizovány do uceleného systému percepce vertikály a začleněny do interního modelu vnímání prostoru, zatím není objasněno (Lorincz & Hess, 2008, p. 657).

Schopnost percepce vertikality není po celý život stejná. U mladých dospělých bez neurologického postižení je percepce subjektivní vertikály velmi přesná a blízko k objektivní vertikále. S věkem se přesnost percepce snižuje. Fyziologické stárnutí je spojeno se snížením funkce vestibulárního, zrakového i somatosenzorického systému. Podle studie Barbieri et al. (2010, p. 60) vykazují dospělí kolem 50 let věku odklon subjektivní vertikály od objektivní o 1°, což představuje dvojnásobný odklon oproti skupině okolo 20 let. Velikost tohoto odklonu se dále lineárně zvyšuje s věkem.

## 1.1 Senzorické informace podílející se na percepci vertikality

Mozek integruje smyslové vjemy z otolitových orgánů, polokruhových kanálků, a somatosenzorických a vizuálních systémů za účelem zjištění vlastní orientace vzhledem k působení gravitace. Celkově je orientace v prostoru podmíněna integrací více smyslových vstupů (Saj et al., 2005a, pp. 2203-2205; Bjasch et al., 2012, p. 1). Z otolitových orgánů (utrículus a sacculus), z polokruhových kanálků, somatosenzorického systému a vizuální informace se v centrální nervové soustavě generuje orientace hlavy a trupu vzhledem ke gravitačnímu poli Země. Integrací informačního toku z těchto orgánů vzniká v centrální nervové soustavě za fyziologických podmínek subjektivní vertikála, vektor, který prochází středem těla a směřuje kolmo k zemi. Tento vektor by měl být za fyziologických podmínek shodný s objektivní vertikálou, tedy vektorem směřujícím kolmo k povrchu země (Tarnutzer et al., 2009, pp. 1657-1671).

Je obtížné určit, jaký přesně podíl mají jednotlivé receptory (proprioceptory, vestibulární aparát a zrak) na integraci subjektivní vertikály. Zatímco vjemy pocházející ze sensorů jako je zrak či vestibulární aparát se dají za určitých okolností utlumit (například polohou hlavy nebo zacloněním pacientových očí), somatosenzorický aparát pracuje neustále a je obtížné jeho aferenci minimalizovat. Zatím se předpokládá, že somatosenzorický aparát má jednu z nejvýznamnějších rolí v percepci vertikality. Důležitou roli mají proprioceptory krku, které v kombinaci s informacemi z vestibulárního aparátu určují polohu hlavy vůči gravitačnímu poli země a zároveň polohu hlavy vůči tělu (Barra et al., 2010, pp. 3552-3563).

Senzorické informace, které jsou využívány organismem pro udržení posturální kontroly a balance jsou dynamicky regulovány na základě vnějších podmínek. Přes dostupnost více zdrojů smyslové informace dává většinou centrální nervový systém přednost jednomu systému před ostatními. Zdraví jedinci mají tendenci využívat více somatosenzorické informace z trupu, krku a ze svých dolních končetin a jejich kontaktu s povrchem, a to především během stoje a chůze. Za podmínek klidného stoje uvádí studie Barros de Oliveira et al. (2008, p. 1216) podíl somatosenzorické informace na posturální kontrole jako 70 %, podíl vestibulární informace 20 % a podíl vizuálního vstupu 10 %. Zároveň je ale CNS schopná modifikovat podíl kteréhokoliv vstupu na základě zevních podmínek. Například na nestabilním povrchu se sníží podíl somatosenzorické informace, a naopak vzroste podíl vestibulárního aparátu a vizuální informace na posturální kontrole. Ve tmě naopak závisí řízení rovnováhy především na somatosenzorických a vestibulárních vjemech a vizuální vjem je potlačen. Schopnost centrální nervové soustavy volit

mezi jednotlivými sensorickými vstupy a spolehnout se na příslušné smyslové vjemy za různých okolností se nazývá „sensory reweighting“. Tento pojem by se dal vysvětlit jako zvážení významnosti vjemů ze sensorických systémů (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216).

### **1.1.1 Vestibulární aparát**

Vestibulární aparát je smyslový orgán, který je uložen v labyrintu vnitřního ucha. Zajišťuje udržení rovnováhy a polohy hlavy a těla v prostoru (Čihák, 1997, p. 619-621; Mittelstaedt, 1999, p. 334; Faralli et al. 2009, p. 246). Vestibulární orgán představuje inerciální měřicí zařízení, které nám umožňuje snímat pohyb hlavy v prostoru. Informace o pohybu hlavy není k dispozici automaticky, musí být syntetizována ze signálů dvou subsystémů, a to sice polokruhových kanálků (které snímají úhlové zrychlení) a otolitového systému (který snímá lineární zrychlení) (Mergner & Rosemeier, 1998, p. 120). Systém polokruhovitých kanálků tvoří tři na sebe navzájem kolmé canales semicirculares (polokruhovité kanálky) a dva váčky (sacculus a utriculus) spojené kanálkem. Uvnitř váček se nacházejí čivá políčka z vyššího cylindrického epitelu (macula utriculi a macula sacculi). Na těchto políčkách dochází při pohybu k tangenciálnímu posunu otolitových membrán v důsledku působení gravitace (Čihák, 1997, p. 619-621).

Tímto mechanismem vzniká vjem polohy hlavy v prostoru a zároveň vjem pohybu během zrychlení nebo zpomalení. Směr pohybu se vyhodnocuje z informací z obou políček. V rozšířeních kanálků se nachází cristae ampullares (smyslové hřebínky). Hřebínky reagují na podráždění pohybem endolymfy při rotačních pohybech hlavy (Tarnutzer et al., 2009, pp. 1657-1671). Informace z makul a hřebínků je vedena dendrity do vestibulárního ganglia. Odtud putuje sensorická informace do vestibulárních jader v prodloužené míše jako vestibulární část VIII. hlavového nervu (Čihák, 1997, pp. 621-623). Vestibulární aparát je tak díky svému anatomickému uspořádání specializovaným ústrojím, které má mimo detekce polohy hlavy vůči gravitačnímu poli země sloužit i pro detekci rotačního zrychlení prostřednictvím polokruhových kanálků a pro snímání lineárního zrychlení vnímáním přes otolitové membrány (Vingerhoets et al., 2007, pp. 3256-3268).

### **1.1.2 Somatosenzorický systém**

Somatosenzorický systém je složitý komplex aferentních zdrojů přijímaných z receptorů hlubokého čítí uložených ve svalech (svalová vřeténka) a šlachách (šlachová tělíska). Tyto receptory poskytují informaci o poloze jednotlivých segmentů těla vůči sobě

a v prostoru. Propriocepce je vedena aferentními nervovými vlákny do centrální nervové soustavy. Vliv somatosenzorické informace na percepci vertikality byla prokázána studií Barbieri et al. (2008, pp. 545-552).

Ve studii Anastasopoulos et al. (1999, pp. 382-383) byly určeny informace z periferních somatosenzorických signálů z trupu v percepci subjektivní vizuální vertikály jako stěžejní. Autoři studie Mazibrada et al. (2008, pp. 206-207) se domnívají, že v poloze vsedě mají tlak vnímaný trupem ze spodu a ze stran a somatoreceptory informující o poloze jednotlivých částí těla vůči sobě prvořadý význam v percepci vertikality. Zároveň předpokládají, že proprioceptivní vstupy z dolních končetin převážně z plosek jsou rozhodující pro orientaci a percepci vertikality ve stoje (Mazibrada et al., 2008, pp. 206-207).

### **1.1.3 Zrakový systém**

Zrak je jedním ze základních smyslů participujících na orientaci v prostoru. Zrak informuje převážně o tom, v jaké poloze se nacházíme vůči našemu okolí (Yelnik et al., 2002, p. 2247). Oko obsahuje světločivné elementy sítnice zvané tyčinky a čípky. Sítnice oka obsahuje asi 120 milionů tyčinek a 6–7 milionů čípků. Tyčinky jsou citlivé a reagují při malém množství světla, čípky reagují na světlo vyšší intenzity, ale zajišťují lepší ostrost vidění. Zrakové informace jsou vedeny prostřednictvím nervus opticus. Integrací informací z drážděných receptorů vzniká v mozkové kůře obraz vzájemné pozice předmětů v okolí (Čihák, 1997, pp. 590-592). Na základě výsledků studie Grace Gaerlan et al. (2012, pp. 375-376) je vizuální systém důležitý senzorický systém používaný u mladých dospělých pro udržování optimální posturální rovnováhy (Grace Gaerlan et al., 2012, pp. 375-376).

## **1.2 Neurofyzilogický podklad percepce vertikality**

Vnímání subjektivní vertikály je složitý proces a je do něj zapojena celá řada struktur. Ke správné percepci vertikality je potřeba nejen správné fungování receptorů a drah, ale i center v CNS, která integrují aferentní informace a vytvářejí vjem vertikály. Ke zkreslení správného vnímání vertikality dochází podle studie Rousseaux et al. (2013, pp. 1291) především u lézí temporoparietální, superiorní temporální a posteriorní insulární oblastí cortexu (Rousseaux et al., 2013, p. 1291; Marquer et al., 2011, p. 139).

Ve studii Utz et al. (2011, pp. 68–69) se uvádí odchylky vizuální vertikály od objektivní vertikály u pacientů s lézí frontálního nebo parietálního laloku, ale nikoli u léze týlního laloku. Poruchy v percepci vertikály jsou navíc multimodální, protože odchylka vizuální modalitý signifikantně koreluje s odchylkou haptické modalitý a zároveň

s posturálními deficity u pacientů s lézí parietálního laloku. Místa těchto lézí se nacházejí v blízkosti nebo se i částečně překrývají s anatomickými oblastmi, které jsou spojené s vizuálním hemineglectem (Utz et al., 2011, pp. 68–69). Mezi tyto lokalizace počítáme posteriorní insulu, temporoparietální junkci (Fiori et al., 2015, p. 2983), superiorní temporální gyrus, zadní parietální kůru, thalamus a bazální ganglia. Předpokládá se, že tyto struktury jsou součástí graviceptivní dráhy vystupující z mozkového kmene přes zadní thalamus až do vestibulární kůry. Pérennou et al. (2008, pp. 2401-2413) ve své práci uvádějí integrovanou schopnost percepce vertikality, která je zpracovávána v pravé parietální kůře. I přes množství studií, které se touto problematikou zabývají, stále existuje jen málo objektivních důkazů na konkrétních místech lézí u pacientů s poruchou percepce subjektivní vertikály. U poruch percepce vertikály byly navíc zjištěny horší výsledky rehabilitace posturálních poruch než u pacientů s fyziologickou percepcí vertikality (Utz et al., 2011, pp. 68–69).

Utz et al. (2011, pp. 68–69) uvádějí i spojitost poškození těchto anatomických struktur se vznikem neglect syndromu, který se často vyskytuje zároveň s poruchou ve vnímání vertikální osy těla a u kterého nalézáme kontralaterální deficit vizuálního vyhledávání. Nebo s rozvojem pusher syndromu, který se podílí na posturálních poruchách (Utz et al., 2011, pp. 68–69). Tato problematika bude podrobněji zpracována v dalších kapitolách.

Studie Galati et al. (2006, pp. 737-746) se zabývá prostorovou polohou kódování vizuální a somatické smyslové informace v CNS u opic za použití funkční magnetické rezonance (fMRI) během vnímání středu těla. Jejich výzkum potvrdil, že u zpracování obou smyslových modalit se aktivuje bilaterálně fronto-parietální síť, ačkoliv výraznější aktivita je patrná na pravé straně. To zahrnuje posteriorní parietální oblasti okolo intraparietálního sulcu a frontální regiony okolo praecentrálního a superiorního sulcu, inferiorního frontálního gyru a superiorního frontálního gyru. Occipito-temporální spojení a další extrastriátové regiony jsou vystaveny bilaterální aktivaci pro zlepšení vnímání středu těla během vizuálních podmětů. Autoři studie došli k závěru, že zadní parietální a frontální oblast u lidí, stejně jako u opic, může poskytnout multimodální integrované prostorové reprezentace středu těla, a že právě v těchto oblastech se integruje jak zraková, tak somatická informace (Galati et al., 2006, p. 737). V pravé parietální oblasti je nejdůležitější pro zpracování vjemu vertikality temporoparietální spojení jako polymodální sensorická oblast, která zpracovává vizuální a vestibulární vjemy a je považována za stěženi oblast z hlediska rovnováhy (Bonan et al., 2006b, pp. 642-643).

## 2 Cévní mozková příhoda a její klinické důsledky

Jako cévní mozkovou příhodu nazýváme klinický syndrom charakterizovaný rychle se vyvíjejícími klinickými známkami ložiskové (nebo globální) poruchy mozkové funkce, se symptomy trvajících 24 hodin či déle, nebo vedoucích ke smrti, bez zjevné příčiny jiné než cévního původu. Mezi centrální mozkové příhody zahrnujeme ischemickou CMP, intracerebrální a subarachnoidální krvácení. Specifickým druhem cévní mozkové příhody je tranzitorní ischemická ataka (TIA). TIA má rozvoj a trvání symptomatologie kratší než 24 hodin. Zhruba 80 % cévních mozkových příhod je ischemického původu. Z ischemických cévních mozkových příhod se pak jedná ve 20 % případů o trombózu ve velkých tepnách, ve 20 % případů o trombózu v malých tepnách a ve 25–30 % případů se jedná o embolizaci. Druhým typem cévní mozkové příhody je hemoragická příhoda, která se vyskytuje přibližně ve 20 % případů. Jedná se v 10 % případů o intracerebrální krvácení a v 5 % případů o subarachnoidální krvácení. Zbylá procenta cévních mozkových příhod spadají do kategorie blíže neurčena (Bruthans, 2009, s. 128-131).

### 2.1 Následky příhody podle lokalizace léze

Cévní mozkovou příhodou bývá v karotickém povodí nejčastěji postižena arteria cerebri media, to se klinicky projeví kontralaterální hemiparézou s výraznějším postižením horní končetiny, a to zejména akra. Postižení arteria cerebri media bývá často doprovázeno parézou VII. případně XII. hlavového nervu. Na kontralaterální straně těla bývá zhoršeno čítí, častá je hemianopsie. Pokud je postižena dominantní hemisféra objevují se fatické poruchy. U postižení nedominantní hemisféry bývá anozognozie nebo neglect syndrom. Hemiparéza se vyvíjí přes počáteční pseudochabé stádium do spasticity s následným typickým Wernicke-Mannovým držením. Při ischemii kmene arteria carotis interna bývají klinické příznaky obdobné jako u uzávěru arteria cerebri media. Při tomto uzávěru ale navíc hrozí embolizace do arteria ophthalmica s důsledkem v podobě poruch vizu (Kaňovský et al., 2007, p. 30).

Ischemizace v oblasti centrálně perforujících arterií se projeví lakunárním infarktem, který je častý především u diabetiků. Takto vzniklý deficit je čistě senzitivní nebo čistě motorický, v závislosti na tom, kde přesně k poruše došlo. Pokud dojde k postižení bazálních ganglií, tvoří obraz označovaný jako status lacunaris, projevující se pseudobulbární symptomatikou a parkinsonským syndromem (Kaňovský et al., 2007, p. 30).

Ischemie v oblasti arterie cerebri posterior se obvykle projevuje poruchami zraku, většinou homonymní kontralaterální hemianopsií. Pokud dojde k oboustrannému postižení, vzniká kortikální slepota při zachované fotoreakci zornic. Je-li ischemií v oblasti arterie cerebri posterior postižena dominantní hemisféra, objevuje se optická agnosie, agrafie a alexie (Kaňovský et al., 2007, p. 31).

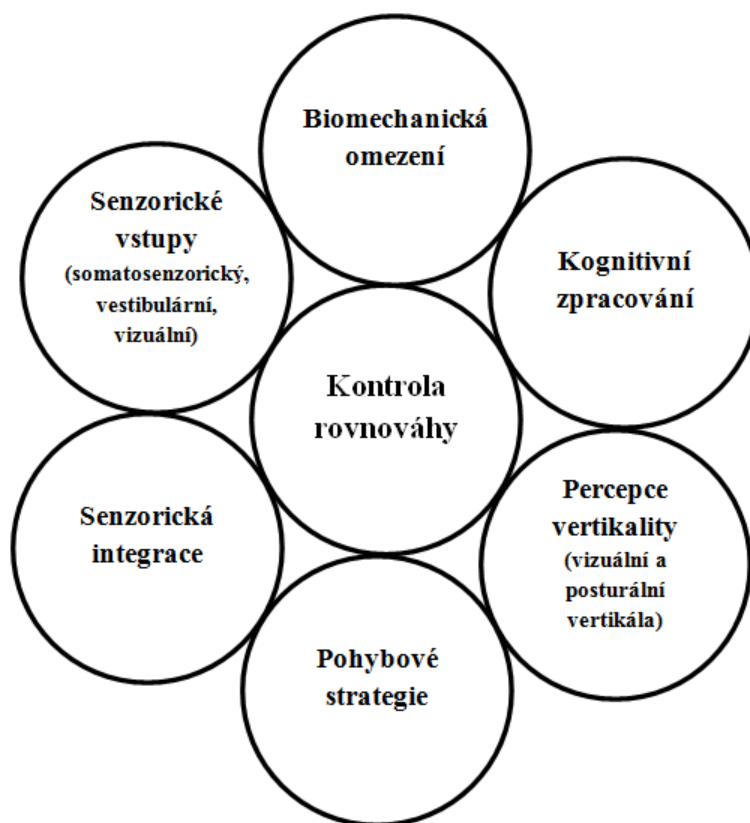
Ischemie arterie cerebelli posterior inferior se nejčastěji vyskytuje s ischemií mozečkových tepen. Klinicky je tato ischemie vyjádřena Wallenbergovým syndromem. Ten se homolaterálně projeví neocerebelární symptomatikou, Hornerovým syndromem a postižením trigeminu, kontralaterálně disociovanou poruchou čítí na končetinách a trupu. Přítomny bývají i bolesti hlavy, vestibulární syndrom, dysfagie a dysfonie (Kaňovský et al., 2007, p. 31).

Ischémie tepenného řečiště zásobujícího mozkový kmen se při jednostranném postižení projeví alternujícími hemiparézami jednotlivých hlavových nervů, a to zejména II., VII. a XII. Krátkodobé příznaky dysfunkce v oblasti tepének zásobujících mozkový kmen jsou popisovány jako vertebrobasilární insuficience. Mezi tyto příznaky patří zejména závratě doprovázené často vegetativní i ložiskovou symptomatikou (Kaňovský et al., 2007, p. 31).

Symptomatika méně častých hemoragických cévních mozkových příhod odpovídá ischemiím v daných povodích, ale závisí na intenzitě krvácení. Pokud dojde k celkové hypoxii mozku, závisí její důsledky na její tíži a délce trvání. Při úplné zástavě perfuse mozku nastává koma s rozvojem permanentního vegetativního stavu. Může dojít až k mozkové smrti. V případě obnovy perfuse po zástavě je symptomatika různorodá (Kaňovský et al., 2007, p. 32).

## **2.2 Klinické důsledky CMP**

Cévní mozková příhoda patří k onemocnění s velmi závažnou prognózou. Především návrat soběstačnosti a samostatnosti je u pacientů značně komplikovaný. Jedněmi z hlavních cílů jsou úprava hybnosti, prevence sekundárních změn a reedukace chůze. Nezbytná k těmto úkonům je posturální kontrola a balance (Pérennou et al., 2014, p. 26; Alfeeli et al., 2013 pp. 251-252). Zjednodušené schéma je znázorněno na Obrázku 1 str. 16.



**Obrázek 1** – Zjednodušené schéma interakce mnoha fyziologických systémů používaných pro udržení rovnováhy a posturální kontroly (Upraveno dle Barros de Oliveira, 2008, p. 1216)

Posturální kontrola je schopnost kontrolovat držení těla za účelem udržení vzpřímeného postoje během funkčních aktivit a reagovat na vnější a vnitřní silové působení tak, aby se zabránilo pádům. Bylo zjištěno, že prediktorem pádů u pacientů s CMP je míra narušení rovnováhy. Narušená rovnováha a posturální poruchy jsou jedním z nejčastějších důsledků u pacientů po cévní mozkové příhodě. To především tyto faktory nesou zodpovědnost za sekundární zdravotní komplikace v důsledku pádů, sociální izolace a zhoršené kvality života pacientů. Zlepšení posturální kontroly u pacientů po CMP je nezbytné pro zajištění jejich nezávislosti, sociálního začlenění a celkového zlepšeného zdravotního stavu. Mechanismy poruch rovnováhy po cévní mozkové příhodě jsou různorodé. Mohou zahrnovat svalovou slabost, asymetrický svalový tonus, senzitivní deficit, percepční deficit a změněnou prostorovou percepci s ohledem na změnu posturálního body schématu (Tasseel-Ponche et al., 2015 p. 328; Rao, Nashner & Aruin, 2010, p. 1934; Alfeeli et al., 2013 pp. 251-252). Autoři studie Baggio et al. (2016, pp. 7-9) prokázali důležitost přesného vertikálního vnímání pro udržení posturální kontroly. Posturální kontrola je organizována



a neustále aktualizována vzhledem k orientaci těla tak, aby udržovala rovnováhu (Massion, 1998, pp. 465-472).

Orientace a poloha jednotlivých segmentů těla slouží jako referenční rámec pro vnímání vnějšího světa. Centrální kontrola pohybu končetin je lateralizovaná funkce, naproti tomu posturální kontrola je v CNS bilaterálně organizovaná. Role levé a pravé hemisféry v posturální kontrole u zdravých jedinců se liší (Ioffe et al., 2010, pp. 753-755). Levá hemisféra je dominantní pro praktické provedení činnosti, včetně pohybu trupu a poskytuje komplexní koordinaci mezi pohyby končetin a trupu. Při lézi levé hemisféry se tedy častěji vyskytuje různá míra apraxie (Spinazzola, Cubelli & Sala, 2003, pp. 2656-2657). Levá hemisféra hraje větší roli v kontrole pohybu zahrnující komplexní koordinaci mezi končetinami a trupem než pravá (Esparza, 2003, p. 488). Naproti tomu u lézi pravé hemisféry se podle Ioffe et al. (2010, pp. 753-755) a Bonan et al. (2015, pp. 297-298) častěji vyskytuje deficit rovnováhy. Percepce vertikály je více řízena z pravé hemisféry (Pérennou et al., 2008, p. 2402). Vliv lateralizace léze na kontrolu balance nebyl nalezen u pacientů, kteří dosáhnou samostatného bipedálního stoje během jednoho měsíce po iktu (Laufer et al. 2003, p. 207).

Neurobiologie gravicepce předpokládá existenci určitých vnitřních modelů, jejichž role v percepce vertikality byla v posledních letech prokázána (Pérennou et al., 2000, p. 359; Barra et al., 2010, p. 3552; Barra et al., 2012, p. 2492). Interní modely představují obecný nervový proces mozku použitý za účelem vyřešení smyslové nejednoznačnosti. Pérennou et al. (2000, p. 359) uvádí ve své studii, že prostorově orientované chování vzniká na základě vnitřního modelu určitého tělesného schématu. Toto body schéma bere v úvahu geometrii těla, pozici těla vzhledem ke gravitačnímu poli země, rozdíl mezi tělesnými částmi a okolním prostorem a zároveň dynamiku těla. Vnitřní modely jsou považovány za neurální řešení smyslových konfliktů. Syntetizují informace z různých smyslových modalit, kombinují aferentní a eferentní informace (Pérennou et al., 2000, pp. 359-365; Barra et al., 2012, p. 2492). Tyto vlastnosti vyžadují integritu polymodální sensorické kůry a zejména intaktní temporoparietální junkci, která se významně podílí na převodu a vyhodnocení percepce. Z těchto důvodů léze zahrnující temporoparietální junkci výrazně snižují tělesnou stabilitu. Temporoparietální junkce hraje klíčovou roli v laterální stabilizaci těla, a to bez ohledu na stav sensorických vjemů, ve kterém je vykonáván úkol (Pérennou et al., 2000, pp. 359-365).

Posturální kontrola je velmi složitý úkol, který integruje smyslové a motorické informace k vyvolání rychlé posturální úpravy a vyžaduje interakci mnoha fyziologických

systemů. Kromě toho posturální kontrolu po CMP ovlivňují i další faktory, jako je kognitivní zpracování a deficity pohybového aparátu. Baggio et al. (2016, pp. 1-2) uvádí, že percepce subjektivní posturální vertikály je jedním z faktorů, které mohou významně ovlivnit posturální kontrolu. Zároveň navrhuje, že by měla být subjektivní posturální vertikála systematicky hodnocena jako potenciální cíl pro terapeutické strategie pro posturální kontrolu a stabilitu (Baggio et al., 2016, pp. 1-2).

Právě poruchy posturální stability patří mezi časté následky cévní mozkové příhody (Kamphuis et al., 2013, pp. 1-2; Danells et al., 2004, pp. 2873–2874; Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216). Posturální stabilita může být chápána jako schopnost udržet center of gravity (COG) v mezích opěrné báze. Pokud toto není možné, může dojít k omezení stability. Tato podmínka není fixní, může se měnit v závislosti na vnějších vlivech, nebo vykonávaném pohybu. Z tohoto důvodu může deficit v rozsahu pohybu, svalovém tonu, svalové síly nebo neuromuskulární kontroly, ovlivnit u pacientů po CMP posturální řízení. CNS má svou vlastní interní reprezentaci limitů stability, kterou používá k určení možností pohybu při udržení rovnováhy. Zlepšení celkové mobility, chůze a sebeobsluhy je závislé na zlepšení celkové rovnováhy stoje a chůze. Dokonce se jedná o důležitější faktor než samotné zvýšení svalové síly dolních končetin. Mezi nejdůležitější aspekty udržení rovnováhy ale stále patří kvalita a velikost opěrné báze. U pacientů po CMP může vést změna v neuromuskulární kontrole, svalová slabost nebo centrální spasticita ke změnám kvality opěrné báze. Zároveň negativně ovlivňuje celkovou bilanci špatná kontrola trupu, která se vyskytuje u pacientů s cévní mozkovou příhodou poměrně často (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216; Kamphuis et al., 2013, pp. 1-2). Pacienti po CMP mají posunutý Center of pressure (COP) v předozadní nebo latero-laterální linii, případně v obou. Posun COP významně souvisí s funkčními schopnostmi pacienta. Špatná kontrola trupu pozorovaná u pacientů po cévní mozkové příhodě by mohla souviset s oslabením svalů trupu případně s poruchou propriocepce přijímané z trupu nebo dolních končetin (Verheyden et al., 2014, pp. 239-240).

Postižení vzpřímené pozice těla je příčinou významné závislosti a nesoběstačnosti. Pro řízení složitějších aktivit, jako jsou například volní pohyby horních končetin, stoj, anebo chůze, je naprosto nezbytná dobrá volní i mimovolní kontrola trupu (Danells et al., 2004, pp. 2873–2874, Tasseel-Ponche et al., 2015, p. 328). Po cévní mozkové příhodě jsou bilaterálně narušeny automatické axiální svalové napětí a volní kontrola trupu, nejvíce na straně s manifestovanou hemiparézou. Volní kontrola trupu zahrnuje kognitivní funkce, jako je visuospatální průzkum a schopnost mentální reprezentace pro posturální adaptaci a vytvoření představy o body schématu (Tasseel-Ponche et al., 2015, p. 328).

Vyvážení sensorických informací přicházejících do centrálního nervového systému je nezbytné pro posturální kontrolu u každého jedince. Zároveň je nutné správné centrální vyhodnocení přicházejících informací. Například v situacích tzv. smyslových konfliktů, kdy si informace dodávané z jednotlivých smyslových vstupů vzájemně odporují, je nezbytné potlačit jeden ze sensorických zdrojů a spolehnout se pouze na informace ze zbylých dvou. Schopnost analyzovat, porovnat a vybrat příslušné smyslové informace je stěžejní i u pacientů po CMP, a to především proto, aby se zabránilo pádu a byla umožněna bezpečná lokomoce. Právě u pacientů po cévní mozkové příhodě, dochází k abnormální korelaci mezi sensorickými vstupy, a to ať už z důvodů snížení některého ze vstupů nebo poškození centrálního nervového systému. Tyto patologicky změněné korelace mezi sensorickými vstupy pak vedou u pacientů k abnormálním posturálním reakcím (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216).

Podle Bringoux et al. (2016, pp. 1-2) je centrální nervová soustava schopna do jisté míry kompenzovat snížení některého ze sensorických vjemů a nahradit ho ostatními dvěma v rámci kompenzačních mechanismů. Tyto kompenzace ale v důsledku nemusí být pro pacienta vždy prospěšné. Poruchy sensorické integrace u pacientů s CMP vedou často ke spoléhání těchto pacientů pouze na jeden sensorický vjem. Obvykle se objevuje kompenzační reakce v podobě spoléhání převážně na vizuální vjemy. Vytváření těchto kompenzačních reakcí ale znemožňuje regulaci jednotlivých vstupů v CNS v závislosti na podmínkách zevního prostředí. Tito pacienti pak nejsou schopni svou posturální kontrolu a rovnováhu přizpůsobit vnějším vlivům a hrozí jim zvýšené riziko pádu (Barros de Oliveira et al., 2008, pp. 1216–1218). Výraznější závislost na vizuálních informacích u pacientů s cévní mozkovou příhodou potvrzuje studie Marigold, Eng & Haslwanter (2006, p. 249). Podle autorů snižuje zraková kontrola lateropulze ve směru latero-laterálním, ale nikoliv ve směru antero-posteriorním.

Zdravý nervový systém automaticky mění orientaci těla v prostoru na základě úkolu a vnějších podmínek. Například může zdravý člověk bez problémů určit orientaci kolmo k podložce, na které sedí nebo stojí, a pak ji porovnat s orientací v gravitačním poli a určit tak sklon podložky vzhledem k postavení subjektivní vertikály. Zdraví mladí jedinci dokážou identifikovat subjektivní vertikálu ve tmě v rozmezí  $0,5^\circ$  od objektivní vertikály. Ve skutečnosti, vnímání vizuální vertikály, nebo schopnost určit vizuální vertikálu pomocí světelné tyče ve tmě, je nezávislé na vnímání posturální (nebo propioceptivní) vertikály, jejímž projevem je například schopnost bez kontroly zraku určit vertikální orientaci těla v prostoru. Naklopené nebo nepřesné vnitřní reprezentace posturální vertikality mají

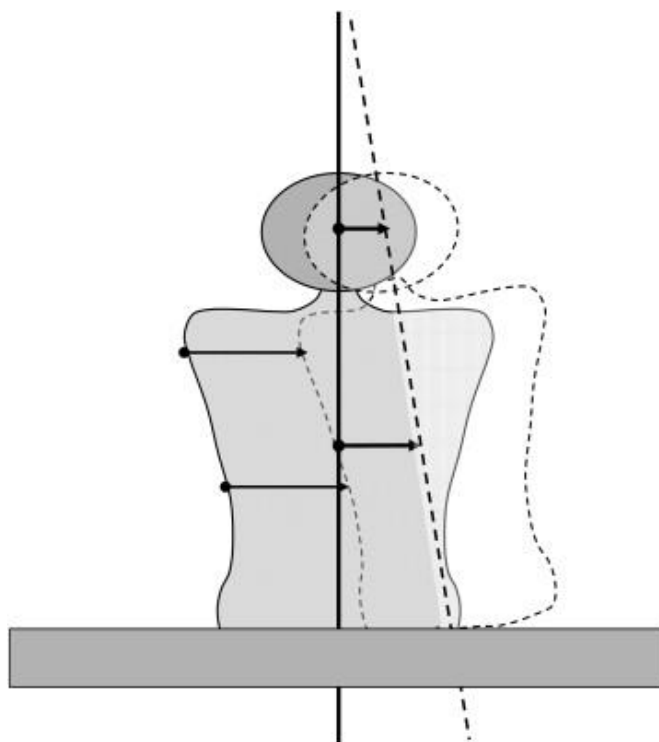
za následek automatické naklánění těla, které pak není v jedné ose s objektivní vertikálou, a to činí danou osobu nestabilní (Horak et al., 2006, pp. 9-10).

### 2.2.1 Neglect syndrom

Hemineglect a vychýlení subjektivní vertikály jsou významnými příčinami posturální asymetrie a nestability (Tasseel-Ponche et al., 2015, p. 328). Neglect syndrom je multimodální neurologická porucha charakterizovaná komplexním syndromem smyslového a motorického deficitu. Pacienti s neglect syndromem typicky přehlédnou nebo nereagují na podněty v prostoru kontralaterální lokalizaci jejich léze, vykazují jednostranné deficity představy a vnímání prostoru, a často také snížené využití kontralaterálních končetin (Funk et al., 2011, pp. 124-126; Funk et al., 2010b, p. 1616). Pacienti jsou neschopni nebo mají omezenou schopnost vizuálně prozkoumat kontralaterální stranu kvůli narušené vstupní informaci vedoucí k odchylce egocentrického prostoru reprezentace na ipsilaterální stranu (Karnath, 1997, pp. 1411-1419). Jednostranný neglect syndrom je často spojován s CMP lokalizovanou v pravé hemisféře (Jaeger et al., 2016, p. 70).

Rousseaux, Honoré & Saj (2014, pp. 59-67), Vallar et al. (1997, pp. 1401-1409) & Karnath (1997, pp. 1411-1419) definovali neglect syndrom jako subjektivní posun vnímání střední osy trupu kontralaterálně od lokalizace léze v CNS. Podle těchto autorů dochází k laterálnímu posunu této osy těla a zároveň k její rotaci (Obrázek 2 str. 21) (Rousseaux, Honoré & Saj, 2014, pp. 59-67). Karnath (1997, pp. 1411-1419) přikládá větší význam spíše rotaci podélné osy než jejímu posunu, zatímco Vallar et al. (1997, pp. 1401-1409) přikládají větší význam posunu.

Náklon subjektivní posturální vertikály kontralaterální vzhledem k lokalizaci léze by se měl u pacientů měnit se závažností prostorového neglect syndromu a hemianestesií (Jaeger et al., 2016, p. 70). Bylo prokázáno, že somatosenzorické deficity kontralaterální k lokalizaci léze mohou být nejen výsledkem primární senzorní poruchy, ale také projevem prostorového neglect syndromu (Vallar et al., 1996, pp. 452-459). Přičemž neporušené integrace graviceptivního signálu pocházejícího z trupu a pánve, mají zásadní význam pro aktivní odhad subjektivní posturální vertikály během klidného stabilního sedu (Pérennou et al., 1998, p. 77).



**Obrázek 2** – Změna držení a vnímání těla u pacientů s neglect syndromem. Dochází ke vzniku ipsilaterální boční odchylky a zároveň kontralaterální rotace dlouhé osy těla (Rousseaux, Honoré & Saj, 2014, p. 64).

V každodenním životě se pacienti s neglect syndromem mohou projevovat narážením do překážek umístěných na straně neglectu, jíst pouze potraviny z jedné strany talíře, vynechávat polovinu obličeje při holení, nebo aplikovat make-up na pouze na jedné straně jejich tváře. Mezi poruchy vnímání ve frontální rovině patří modifikovaná percepce subjektivní vizuální vertikály. Pacienti s neglect syndromem vykazují systematické odchylky subjektivní vertikály. Tyto odchylky se u pacientů po CMP bez neglect syndromu nevyskytují v takové míře jako u těch s projevy neglect syndromu. Je zajímavé, že místa lézí při CNS spojovaná s poruchami vnímání subjektivní vertikály úzce sousedí, nebo se přímo překrývají s místy lézí souvisejících s neglect syndromem (Funk et al., 2011, pp. 124-126).

### 2.2.2 Pusher syndrom

Pusher syndrom je nejzávažnější posturální poruchou vyskytující se u pacientů po CMP (Tasseel-Ponche et al., 2015, p. 328). Pusher syndrom je charakterizován náklonem ke kontralaterální straně od místa léze. Pacienti po CMP s pusher syndromem trpí těžkou poruchou orientace svého těla v prostoru. Mají pocit, že je jejich tělo vzpřímené, i když je ve skutečnosti nakloněno na jednu stranu a zároveň odolávají každému pokusu o pasivní nápravu tohoto držení těla. Pusher syndrom je výrazné klinické onemocnění vyskytující se

charakteristicky po jednostranných poškozeních mozku, a to především v zadním thalamu nebo méně frekventovaně v insule a postcentrálním gyru (Karnath et al., 2007, pp. 415-416; Danells et al., 2004, pp. 2873–2874; Karnath, Ferber & Dichgans, 2000, p. 1298; Punt & Riddoch, 2002, p. 455). Pusher syndrom může být tak silný, že jednotlivec není schopen samostatně sedět nebo stát, a zároveň je mu kvůli tomu zamezena rehabilitace a aktivity denního života prováděné v těchto polohách. Prognóza pro ty, kteří po CMP trpí pusher syndromem je horší, ve srovnání s pacienty bez pusher syndromu. Předpokládá se, že pusher syndrom vyplývá ze změny vnímání podélné osy těla (Mansfield et al., 2015, pp. 172-177).

Výsledky měření subjektivní vizuální a subjektivní posturální vertikály u osob s CMP ukazují, že osoby, které vykazují pusher syndrom mají kontralaterální náklon subjektivní posturální vertikály. Studie Bergmann et al. (2015a, p. 184) ukázala, že tito pacienti měli ipsilaterální naklonění subjektivní posturální vertikály, jejíž velikost náklonu byla přímo úměrná závažnosti pusher syndromu. Ukazuje se, že pusher syndrom vymizí v průběhu 3-6 měsíců po mrtvici, není ale známo, jestli s pusher syndromem vymizí i změny v percepci vertikály (Bergmann et al., 2015a, p. 184). Podle studie Mansfield et al. (2015, pp. 172-177) dochází k úpravě pusher syndromu spíše v důsledku kompenzačních mechanismů a porucha v percepci vertikality může přetrvávat. To by mohlo mít důsledky pro funkční mobilitu a zvýšené riziko pádů (Mansfield et al., 2015, pp. 172-177)

Posturální poruchy zvláště u pacientů s pusher syndromem souvisejí s abnormálním rozložením váhy během stoje (Jahn et al., 2017, pp. 1–2). Studie Barra et al., (2009, pp. 1585-1586) prokázala, že poruchy v percepci podélné osy těla mají přímou souvislost s asymetrií v oblasti distribuce tělesné hmotnosti ve svislé poloze, nezávisle na motorické slabosti nebo hypestezii. Čím více je posunuto vnímání podélné osy těla na kontralaterální stranu vzhledem k lézi, tím větší je zatížení na ipsilaterální plošky (Barra et al., 2009, pp. 1585-1586).

Ve studii Karnath & Broetz (2003, p. 1119) a Jahn et al. (2017, pp. 1–2) poukazují autoři na to, že je vnímání držení těla v gravitačním poli změněno. Pacienti s pusher syndromem pociťují své tělo jako orientované svisle, i když je ve skutečnosti nakloněno na stranu. Zároveň ale autoři uvádějí, že pacienti nevykazují žádné narušení zpracování vizuálních a vestibulárních vstupů a zachované vnímání vizuální vertikály. Na základě neporušeného vnímání vizuální vertikály ve své práci navrhuje terapeutický přístup pusher syndromu založený na vizuální kontrole vertikální orientace těla (Karnath & Broetz, 2003, p. 1119).

## 2.3 Percepce vertikality u pacientů po cévní mozkové příhodě

Rozpoznávání prostoru může být prováděno mnoha způsoby, ale prostorové vlastnosti objektu musí být vždy vztaženy k nějakému referenčnímu rámci (Saeys et al., 2010, p. 298; Volcic & Kappers, 2008, pp. 200-201). Běžně se využívají dva různé referenční rámce: egocentrický referenční rámec, ve kterém jsou předměty vztaženy k osobě, která vnímá a alocentrický referenční rámec, u kterého jsou objekty zastoupeny ve vztahu k vnějšímu prostředí. Volcic & Kappers (2008, pp. 200-201) uvádějí, že mozek vytvoří větší počet prostorových reprezentací a pracuje s oběma referenčními rámci ve stejnou dobu. Přičemž plynule mění důležitost a zastoupení jednotlivých rámců podle vzniklých situací. Existuje množství důkazů, které podporují hypotézu synergicky působících prostorových rámců. Prostorové vlastnosti pozorovaných objektů nejsou kódovány v alocentrickém ani v egocentrickém rámci, ale v rámci, který je meziproduktem obou těchto rámců. To v praxi znamená, že předměty v našem okolí posuzujeme jak z pohledu našeho vnitřního rámce, tak z pohledu porovnání s jinými objekty v blízkosti. Egocentrický referenční rámec je vytvářen právě subjektivní percepcí člověka a může dojít k jeho vychýlení. (Volcic & Kappers, 2008, pp. 200-201).

Rozpoznávání prostoru egocentrickým referenčním rámcem a alocentrickým referenčním rámcem probíhá se zapojením různých částí centrální nervové soustavy. Podle studie Saj et al. (2014, p. 33) fMRI odhalila převažující úlohu pravé hemisféry v rozpoznávání prostoru pomocí egocentrického referenčního rámce. Selektivní aktivita byla nalezena v occipitální, superiorní parietální a inferiorní frontální kůry a v suplementární motorické oblasti. Na levé straně, dochází také k aktivaci insuly, thalamu a mozečku. Naopak rozpoznávání pomocí alocentrického referenčního rámce ukazuje selektivní aktivitu soustředěnou na levé straně především v oblasti temporálních gyrů (Saj et al., 2014, p. 33). Rozpoznávání prostoru egocentrickým referenčním rámcem a alocentrickým referenčním rámcem může mít výrazný dopad na rehabilitaci, protože vnímání vertikály jak vnitřním rámcem, tak pomocí vnějších vizuálních objektů je důležité pro kontrolu držení těla a pohybu (Barra et al., 2008, p. 3101). Appelle už v roce 1972 zjistil, že určité oblasti zrakové kůry mají konzistentní přecitlivělost na podněty, které jsou v souladu s horizontální a vertikální rovinou. Na základě toho lidé obecně preferují linie uspořádané v souladu s objektivní vertikálou nebo horizontálou. Tento jev se projevuje u dospělých lidí, dětí, ale i po celé živočišné říši (Appelle, 1972, p. 266).

Pacienti po cévní mozkové příhodě mohou mít různé formy prostorové dezorientace, které mají vliv na vnímání prostorového uspořádání os a rovin jejich těla. Výsledkem tohoto narušení je zhoršení koordinace pohybů při stoji, chůzi i složitějších úkonech jakéhokoliv druhu. Důležitým aspektem pro organizaci pohybu a rovnováhy je vnímání vertikální osy těla. Studie pacientů s kortikální lézí, zejména v parietálním laloku, prokázaly ipsilaterální posun v jejich vnímání sagitální roviny těla. Tato ipsilaterální odchylka byla interpretována jako důsledek rotace nebo bočního posunu egocentrického referenčního rámce. Klinické projevy, jako je posturální náklon ve frontální rovině, lze přičítat právě porušení vnímání vertikální osy těla (Barra et al., 2007, pp. 545-552). Klinicky může narušené vnímání vertikální osy těla u pacientů po cévní mozkové příhodě projevovat narušením vzpřímené polohy těla, a to jak vsedě, tak ve stoji. Vzpřímená pozice je ohrožena "lateropulzí", neboli aktivním bočním náklonem těla. Lateropulze je obvykle ipsilaterální u cévních příhod postihujících kaudální část mozkového kmene a kontralaterální u postižení rostrální části mozkového kmene. U některých cévních mozkových příhod jsou lateropulze spojeny s pusher syndromem (Pérennou et al., 2014, p. 26; Yi et al., 2006, p. 372). Lateropulze mohou být důsledkem přímo patologické asymetrie motorických funkcí nebo svalového tonu, případně se může jednat o pokus sladit tělo s vnitřním referenčním rámcem vertikály, který je subjektivně vnímán jako odchýlený od objektivní vertikály (Pérennou et al., 2008, p. 2402).

Bonan et al. (2007, pp. 3552-3563) prokázal ve své studii souvislost poruch percepce vertikality a poruch rovnováhy u pacientů po prodělané cévní mozkové příhodě. Posun nebo náklon vertikální osy těla vede k nerovnoměrnému rozložení tělesné hmotnosti mezi obě dolní končetiny. Nerovnoměrné rozložení má důsledky pro rovnováhu těla a klade zvýšené nároky na udržení stability ve stoji a při chůzi. Právě asymetrie v rozložení váhy na dolní končetiny je spojována s posturální nestabilitou. Nicméně, z těchto studií je obtížné stanovit, zda je asymetrie v rozložení váhy příčinou nebo důsledkem posturální nestability (De Kam et al., 2017, pp. 5–6; Kamphuis et al., 2013, p. 1). Manckoundia et al. (2007, p. 787) popsali vztah mezi bočním náklonem vizuální vertikály a incidencí posturálních poruch. U starších pacientů je vztah mezi incidencí pádů a abnormálním vnímáním vertikály znám už poměrně dlouho. Autoři uvádějí, že chyby ve vnímání vizuální vertikály jsou významně vyšší u pacientů s pády v anamnéze než u těch, kteří pády neuvádí. Bylo také prokázáno, že vizuální vjem svislice je více ovlivněn kvalitou vizuálního prostředí u starších pacientů s pády v anamnéze než u těch bez pádů (Manckoundia et al., 2007, p. 787).



### 3 Způsoby vyšetření vertikality

Subjektivní vertikála je multimodální informace vznikající v kůře mozkové na základě kombinace několika vstupů. Proto také vertikality můžeme dělit na dílčí podskupiny podle těchto modalit. Rozlišujeme vizuální vnímání vertikality, které se opírá především o vizuálně-vestibulární informace a vytváří vjem tzv. vizuální vertikály (VV). Na základě této vertikály nacházíme zrakem v prostoru vertikální osy. Dále vyšetřujeme posturální vertikálu (PV) odvozenou převážně z graviceptivně-somatosenzorické informace, díky které jsme schopni určit vzpřímenou polohu těla v prostoru. A haptickou vertikálu (HV) na základě hmatového vnímání vertikály, která umožňuje hmatem určit předměty shodující se svou polohou s vertikální osou. Tyto jednotlivé druhy vertikality se dají vyšetřovat nezávisle na sobě a dohromady poskytují pohodlné a vzájemně se doplňující informace o schopnosti vnímání subjektivní vertikality u daného jedince (Pérennou et al., 2014, pp. 29-30).

#### 3.1 Vizuální vertikála

Nejběžnější test z oblasti posouzení subjektivní vertikály je vyšetření vizuální vertikály. Vizuální vertikála poskytuje informace o vestibulární a vizuální složce percepce vertikality. Vyšetření vertikality pomáhá lépe pochopit specifickou úlohu změněného vnitřního modelu vertikály jako možné příčiny poruch rovnováhy u pacientů s CMP. Na základě tohoto testování by pacienti mohli mít prospěch ze speciálních rehabilitačních programů lateropulzí a posturálních poruch zaměřených na recalibraci sensorické složky a tím i interního modelu vertikály (Piscicelli et al., 2016, p. 68).

Vizuální vertikála se obvykle měří ve tmě pomocí světelné tyče. Subjekt musí tuto tyč upravit do polohy, o které se domnívá, že je svislá. Tento jednoduchý test vyžaduje dostatečnou vizuální schopnost vnímat a sladit světelný podnět k vertikální ose. Měření vizuální vertikály se v zahraničí integrovalo do běžných testů u pacientů po CMP, aby pomohlo pochopit specifickou úlohu poruch percepce vertikality v posturálních poruchách a poruchách rovnováhy (Piscicelli et al., 2016, p. 68). Další možností, vyšetření VV je měření pomocí „sférického dómu“, tedy polokoule o poloměru 60 cm, do které je umístěna hlava probanda. Tento sférický dóm zakryje vyšetřovanému zorné pole, a tudíž není nutné vyšetřovat VV ve tmě. Uprostřed dómu je umístěna tyč, kterou vyšetřovaný opět pomocí ovladače navádí do pozice své subjektivní vizuální vertikály (SVV) (Kobayashi, 2002, p 326). Testovat vizuální vertikálu je možné i pomocí velmi jednoduché metody zvané

bucket test. Jedná se kbelík, který zacloní vyšetřovanému vizuální pole. Na dně je umístěna vizuálně vnímatelná čára, kterou musí vyšetřovaný umístit do vertikální polohy (Volkening et al., 2014, p. 76).

Podle Pérennou et al. (2014, pp. 29-30) je směr odklonu od objektivní vertikály u pacientů s CMP závislý na lokalizaci léze. Metoda vyšetření vizuální vertikály je považována za velmi přesnou. Cévní mozková příhoda obvykle způsobuje kontralaterální odklon VV, a to asi u 55 % pacientů procházejících rehabilitací. Asi u 9 % pacientů s hemiparetickou CMP nacházíme zase ipsilaterální odklon VV. Zároveň vyplývá ze studie Pérennou et al. (2014, pp. 29-30), že pontomesencephalické léze způsobují častěji kontralaterální odklon VV, zatímco pontomedullární léze mozkového kmene způsobují častěji ipsilaterální odklon VV od objektivní vertikály. Tyto informace odpovídají podle Pérennou et al. (2014, pp. 29-30) křížení vestibulárních traktů jdoucích z vestibulárních jader do vestibulární kůry přes talamus a jsou shodné se směrem lateropulzí, které se u těchto pacientů vyskytují. Tato zřejmá shoda vedla k názoru, že odchylky VV odráží změny ve vnímání vertikality, které vysvětlují lateropulze. Tento pohled je ale už vyvrácen. Vnímání subjektivní vertikály je mnohem složitější, a především více polymodální, než se původně předpokládalo, a zároveň v něm hraje významnější roli gravicepce (Barra et al., 2010, pp. 3553-3559).

Měřením vizuální vertikály lze získat údaje o vestibulární kůře a vestibulárních traktech, ale neposkytuje komplexní pohled na vnímání vertikality u pacientů s CMP. Korelace mezi výchylkou VV a velikostí lateropulzí u konkrétních pacientů není přesná, protože neodráží vliv graviceptivně-somatosenzorické informace. Tím ani přesně neodráží velikost případné posturální poruchy. Vizuální vertikála může být navíc ovlivněna vestibulo-okulárními projevy. Proto nemusí být VV dostačující k vysvětlení poruch vertikality a jejich posturální následků po CMP (Pérennou et al., 2008, pp. 2401-2402).

### **3.2 Posturální vertikála**

V klinické praxi se měří i PV, i když toto měření není tak rozšířené, jako měření VV. Technická náročnost tohoto vyšetření je vyšší než u vyšetření haptické či vizuální vertikály. Během měření posturální vertikály sedí pacient na sklápěcím zařízení ve tmavé místnosti. Během sklápění je pacient požádán, aby pokynem zastavil zařízení ve chvíli, kdy vnímá, že se nachází v subjektivní vertikále. Mechanismus náklonné plošiny není vhodný pro pacienty s těžkým motorickým a kognitivním deficitem. Pacient musí být schopen samostatného sedu

bez využití kompenzačních pomůcek. Někdy se pro účely vyšetření PV využívá také otáčecí buben, do kterého je pacient upoután v poloze vsedě s hlavou, trupem a dolními končetinami fixovanými ve svislé poloze. Toto zařízení poskytuje větší oporu trupu, proto je možné ho využít i u pacientů s těžším motorickým deficitem (Pérennou et al., 2014, pp. 29-30). Pérennou et al. (2014, pp. 29-30) uvádí, že je toto vyšetření mnohem výtěžnější pro určení posturálního postižení u CMP než analýza VV. V percepci subjektivní PV má význam somatosenzorický vjem, proto lépe odráží posturální poruchy. Vnímání posturální vertikály je nezávislé na vnímání vizuální vertikály. Percepce posturální vertikály má multineuronové reprezentace, a může být abnormální u pacientů s cévní mozkovou příhodou, a to zejména v přítomnosti neglect syndromu (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216; Pérennou et al., 2014, pp. 29-30).

### **3.3 Haptická vertikála**

Dalším druhem vertikály, kterou je možné samostatně vyšetřovat je haptická vertikála. Pro posouzení této vertikály je obvykle subjekt usazen v tmavé místnosti a požádán, aby nastavil rotující tyč do svislého směru pouze pomocí svého hmatu. Hlavním cílem posouzení HV po cévní mozkové příhodě je získání modalit nezávislé na vizuální kontrole. Oddělením vizuální kontroly je možné určit její podíl na vnímání subjektivní vertikály. Vyšetření pak může indikovat, že problém vzniká na úrovni zraku (Pérennou et al., 2014, pp. 29-30). Oblasti mozku zpracovávající vizuální, haptické a graviceptivní informace se liší, proto nemusí být vyšetření jednotlivých druhů vertikál vždy stejně výtěžné pro klinickou praxi. Podle Pérennou et al. (2014, pp. 29-30) je kombinace vyšetření VV + PV schopna mnohem lépe vysvětlit u pacientů posturální výchylky než VV + HV. Klinická užitečnost HV by tedy mohla být v možnosti alternativy k PV (Pérennou et al., 2014, pp. 29-30).

## 4 Vyšetření posturální stability

### 4.1 Dynamická počítačová posturografie NeuroCom®

Dynamická počítačová posturografie je kvalitativní metoda hodnocení posturální stability. Simuluje úkoly a aktivity každodenního života v laboratorních podmínkách a vyhodnocuje bilanci pacienta během nich. Na posturografu NeuroCom® jsou testovány situace, které izolují hlavní senzory, pohybové a biomechanické komponenty podílející se na bilanci. Přístroj analyzuje, jak efektivně je pacient schopen využít jednotlivé komponenty k zachování balance. V přístroji je umístěna silová plošina, která poskytuje data. Prostřednictvím těchto dat se za standardizovaných podmínek hodnotí amplituda, rychlost, směr a trajektorie výchylek COP a velikost silových impulzů během automatických nebo volných pohybových reakcí. Výsledné parametry jsou zaznamenány ve výstupním protokolu z měření. Tyto výsledné hodnoty jsou vztaženy k pacientově výšce, hmotnosti a věku. Posturograf NeuroCom® porovnává výsledná data i s normativními hodnotami u zdravých jedinců srovnatelné věkové kategorie. Je proto možné okamžité vyhodnocení insuficientních systémů posturální kontroly (Kolářová et al., 2014, p. 12).

V této diplomové práci byl Posturograf NeuroCom® použit především k odlišení jednotlivých senzorych složek využívaných pro percepci vertikality, případně k určení míry dysfunkce jednotlivých složek u pacientů s poruchou percepcie vertikality. A pro určení míry posturální stability všech testovaných probandů. Při vyšetření v této diplomové práci byl použit pouze jeden ze dvou modulů systému Posturograf NeuroCom® a to Smart equitest systém. V tomto modulu je zabudována duální pohyblivá silová tenzometrická plošina o velikosti 46 x 46 cm a pohyblivá kabina přístroje. Silová plošina se může pohybovat v horizontální rovině směrem dopředu nebo dozadu, popřípadě může rotovat se středem otáčení ve frontální rovině. V silové plošině je umístěno celkem pět senzorů, které snímají reakční sílu. Na základě dat z těchto senzorů vypočítává systém výslednou velikost vertikální složky reakční síly a určuje polohu COP. Do systému je před samotným vyšetřením vkládán údaj o výšce a hmotnosti testovaného jedince. Z těchto dat a z polohy COP je za použití počítačového modelu dynamiky těla možno vypočítat polohu center of gravity (Kolářová et al., 2014, p. 12). Vzhled přístroje Posturograf NeuroCom® je zobrazen na Obrázku 3.



**Obrázek 3** – Posturograf NeuroCom® Výchozí poloha pacienta na silové plošině posturografu (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1222).

## 5 Rehabilitace pacientů s poruchou percepce vertikality

Posturální regulace již není považována za jednoduchý součet statických reflexů, ale spíše za komplexní dovednost založenou na vzájemném působení dynamických senzomotorických procesů. Dva hlavní funkční cíle posturálního chování jsou posturální orientace a posturální rovnováha. Posturální orientace zahrnuje aktivní vyrovnání trupu a hlavy s ohledem na gravitaci, opěrnou plochu a vizuální pole. Posturální rovnováha spočívá v koordinaci pohybových strategií ke stabilizaci těžiště během narušení stability, a to jak z vlastní iniciativy, tak z externích příčin. Konkrétní reakce závisí nejen na vlastnostech vnějších příčin narušení stability, ale i na individuálním očekávání, cílech a předchozí zkušenosti daného člověka. Anticipační posturální přizpůsobení před volným pohybem končetin slouží k udržení posturální stability tím, že kompenzuje destabilizující síly spojené s pohybem dané končetiny. Množství kognitivního zpracování požadovaného pro posturální řízení závisí jak na složitosti posturálního úkolu, tak na schopnosti řídicího systému subjektu. Kontrola držení těla zahrnuje mnoho různých základních fyziologických systémů, které mohou být ovlivněny patologií. Poškození některého ze základních systémů bude mít za následek různé druhy nestability. Efektivní rehabilitace balance pro zlepšení mobility a snížení četnosti pádů vyžaduje lepší pochopení mechanismů základní posturální kontroly (Horak et al., 2006, pp. 7-8).

Zatím nebyl z hlediska účinnosti u pacientů s CMP ověřen žádný specifický rehabilitační program. Lateropulze a poruchy postury u pacientů s CMP nejsou ovlivněny nedostatkem motorických příkazů (parézou) ani případnou spasticitou. Podíváme-li se na lateropulze a pusher syndrom z hlediska vnímání vertikality, můžeme poukázat na možné řešení skrze smyslové vnímání. Například lateropulze jsou mnohem závažnější bez zrakové kontroly a odchylka subjektivní vertikály od objektivní může být naopak mnohem menší, pokud jsou k dispozici vizuální záchytné body. Možnost využití vizuálních záchytných bodů naznačujících vertikální osu by tedy mohlo zefektivnit rehabilitaci u pacientů s CMP. Vertikální linie v okolí pacienta, které by mohl vizuálně vnímat, mu částečně pomohou kompenzovat poruchu gravicepce a omezí lateropulze. Tyto vlastnosti vizuální kontroly zároveň potvrzují užitečnost rehabilitace s využitím zrcadla s důrazem kladeným na vertikální osu těla (Pérennou et al., 2014, pp. 28).

Ve studii Pérennou et al. (2002, p. 573) je popsán experiment, během kterého u pacientů umístěných ve stoje na pohyblivé plošině zůstávala hlava ve svislé poloze

bez přítomnosti lateropulzí mezitím co lateropulze vycházely především z pánve. Výchytky pánve se zároveň zhoršovaly bez zrakové kontroly. Vzhledem k tomu, že orientace hlavy je dána především vestibulární informací, zatímco orientace těla je určována hlavně somatosenzorickou informací, poukazují autoři této studie na to, že pusher syndrom a lateropulze nejsou výsledkem vestibulárního poškození v důsledku kortikální léze, ale spíše důsledkem narušení zpracování graviceptivně-somatosenzorických informací. To také vede k aktivnímu přizpůsobení polohy svého těla zkreslené subjektivní vertikále (Pérennou et al., 2002, p. 573). Tuto informaci podporuje také to, že vestibulární stimulace se neukázala být účinná pro snížení lateropulzí u pacientů s CMP. Naproti tomu byla zjištěna silná korelace mezi ztrátou citlivosti (hypestezií) a závažností lateropulzí a zároveň mezi výchytkou PV a závažností lateropulzí (Pérennou et al., 2008, pp. 2401-2402).

Krewer et al. (2013, p. 246) zkoumali účinky po okamžitě roboticky podporovaném nácviku chůze s komponentou vizuální zpětné vazby. Lateropulze byly hodnoceny okamžitě před a po jedné terapii s využitím Lokomatu. V porovnání se standardní rehabilitací chůze měl trénink na Lokomatu významný vliv na Burke Lateropulsion Scale (BLS). BLS je škála využívaná u pacientů s pusher syndromem. BLS hodnotí klinický význam pusher syndromu především v otáčení z lehu na zádech a v chůzi (Bergmann et al., 2014, pp. 696-703). Z výsledků studie vyplývá, že asistované řízení chůze ve vzpřímené poloze během pohybu se zdá být účinnou metodou pro snížení lateropulze pusher syndromu u pacientů po CMP pravděpodobně proto, že překalibruje zkreslený pocit vertikality prostřednictvím somatické gravicepce. Tato studie však nezhodnotila dlouhodobé účinky této terapie ani účinky opakujících se terapií (Krewer et al., 2013, p. 246).

Modulace SV v důsledku asymetrických smyslových vjemů se rovněž ukázala jako zajímavá forma terapie mající za následek změny v držení těla. U pacientů s neglect syndromem mělo boční vychýlení hlavy vliv na změnu určení subjektivní vertikály právě ve směru vychýlení hlavy pacienta (Funk et al., 2010a, pp. 298-306).

Ve studii Saj et al. (2006, p. 1509) zjišťovali autoři vliv galvanické vestibulární stimulace na poruchu percepce vertikality u pacientů s poraněním pravé hemisféry, zvláště spojené s neglect syndromem. Z výsledků vyplývá, že galvanická vestibulární stimulace snižuje odchylky subjektivní vertikály spojené s prostorovým neglectem. Zároveň autoři upozorňují na možnost využití této stimulace během rehabilitací (Saj et al., 2006, p. 1509).

Pérennou et al. (1998, pp. 75-78) testovali účinek elektrostimulace svalů krku na celkové držení těla. Stimulace za pomoci transkutánní elektrické nervové stimulace, (TENS) aplikované na kontralaterální straně krku, zlepšila vnímání vertikality u pacientů,

kteří vykazovali patologické zkreslení posturální vertikály. Tento efekt by mohl být důsledkem sníženého zkreslení v egocentrickém referenčním rámci pro zpracování prostorových informací (Pérennou et al., 1998, pp. 75-78)

Studie Hong et al. (2013, pp. 867-869) zkoumala vliv stimulace haptické a vizuální vertikály na balanci klidného stoje u pacientů s CMP. Používaly k tomu přímou vizuální (pacient sledoval vertikálně nastavenou tyč) anebo haptickou (pacient se dotýkal neparetickou končetinou vertikálně nastavené tyče) stimulaci. Výsledek byl ověřován s pomocí analýzy posunu center of pressure při klidném stoji na posturografu. Ze studie vyplývá, že balanci lze zlepšit pomocí haptické i vizuální vertikální stimulace. Kromě toho, tento účinek byl více významný u VV stimulace než HV stimulace. I tento přístup může poskytnout základ pro účinný rehabilitační program pro pacienty po CMP (Hong et al., 2013, pp. 867-869).

Dohromady tyto studie ukazují, že manipulace smyslových vjemů (přes posturální změny nebo galvanické vestibulární stimulace) pozitivně ovlivňují percepci subjektivní vertikály. Z výsledků navíc vyplývá, že pacienti s visuospatálními neglectem se zdají být mnohem náchylnější k těmto manipulacím smyslových vjemů, než nakolik je tomu u zdravých jedinců nebo u pacientů bez neglectu. Tyto výsledky napovídají, že vnímání vertikály je u pacientů s neglectem nestabilní a vychýlené a zároveň snadněji ovlivnitelné (Funk et al., 2010a, pp. 298-306).



## 6 Cíle a hypotézy

### 6.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je určit míru percepce vertikality u skupiny pacientů s touto diagnózou a porovnat ji s mírou percepce vertikality u skupiny zdravých pacientů shodné věkové kategorie.

#### 6.1.1 Dílčí cíle:

- 1) Zhodnotit rozdíl mezi percepcí posturální vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců stejné věkové kategorie.
- 2) Posoudit rozdíl mezi percepcí posturální vertikality se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly.
- 3) Určit míru provázanosti mezi percepcí posturální vertikality a posturální stabilitou.
- 4) Zhodnotit vazbu mezi percepcí posturální vertikality a kvalitou senzorických vjemů s vertikálou spojovaných (somatosenzorický, vestibulární a zrakový vjem).

### 6.2 Vědecké otázky a hypotézy

#### 6.2.1 Vědecká otázka č. 1

Existuje rozdíl mezi percepcí posturální vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců stejné věkové kategorie?

**H<sub>01</sub>:** Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou u pacientů s CMP se nijak neliší od odchylky objektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou u zdravých jedinců.

**H<sub>02</sub>:** Odchylka subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly u pacientů s CMP se nijak neliší od odchylky objektivní posturální bez zrakové kontroly u zdravých jedinců.

#### 6.2.2 Vědecká otázka č. 2

Existuje rozdíl mezi percepcí posturální vertikality se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly?

**H<sub>03</sub>:** Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou se nijak neliší od odchylky subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly.

### **6.2.3 Vědecká otázka č. 3**

Existuje korelace mezi percepcí posturální vertikality a mírou posturální stability?

**H<sub>04</sub>:** Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly nemá žádnou korelaci s výsledkem testu Sensory Organization Test (SOT) parametru EQUILIBRIUM Conditions 1-6 a EQUILIBRIUM Composite.

### **6.2.4 Vědecká otázka č. 4**

Existuje korelace mezi mírou percepce posturální vertikality a kvalitou somatosenzorického, vestibulárního a zrakového vjemu?

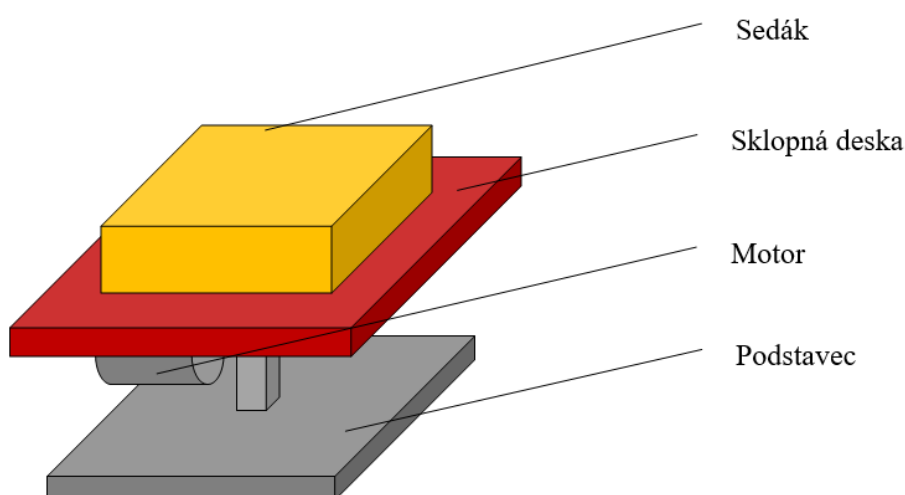
**H<sub>05</sub>:** Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly nemá žádnou korelaci s výsledky testu SOT části Sensory Analysis pro somatosenzorický vstup, vestibulární vstup a vizuální vstup.

## 7 Metodika výzkumu

V rámci méj diplomové práce byla hodnocena percepce vertikality u pacientů po cévní mozkové příhodě v porovnání s kontrolní skupinou zdravých jedinců. Měření a vyšetření pacientů s CMP i zdravých jedinců kontrolní skupiny proběhlo v kineziologické laboratoři na Oddělení rehabilitace Fakultní nemocnice v Olomouci v období od listopadu 2016 do února 2017. Všichni probandi byli řádně seznámeni s průběhem a základní podstatou měření, vyplnili dotazník (viz Příloha 1) a podepsali informovaný souhlas s měřením a zpracováním dat odebraných v rámci diplomové práce (viz Příloha 2).

### 7.1 Popis náklonné plošiny

Přístroj se skládal ze dvou desek, motoru a sedáku. Spodní deska sloužila jako podstavec pro celý přístroj. Horní deska měla rozměry 60x60cm, na ní byl umístěn dřevěný blok, který sloužil k usazení pacienta. Náskres přístroje viz Obrázek 4. Během všech měření byla sklopná plošina umístěna vždy na stejném místě a ve stejné vzdálenosti 170 cm od promítacího plátna.



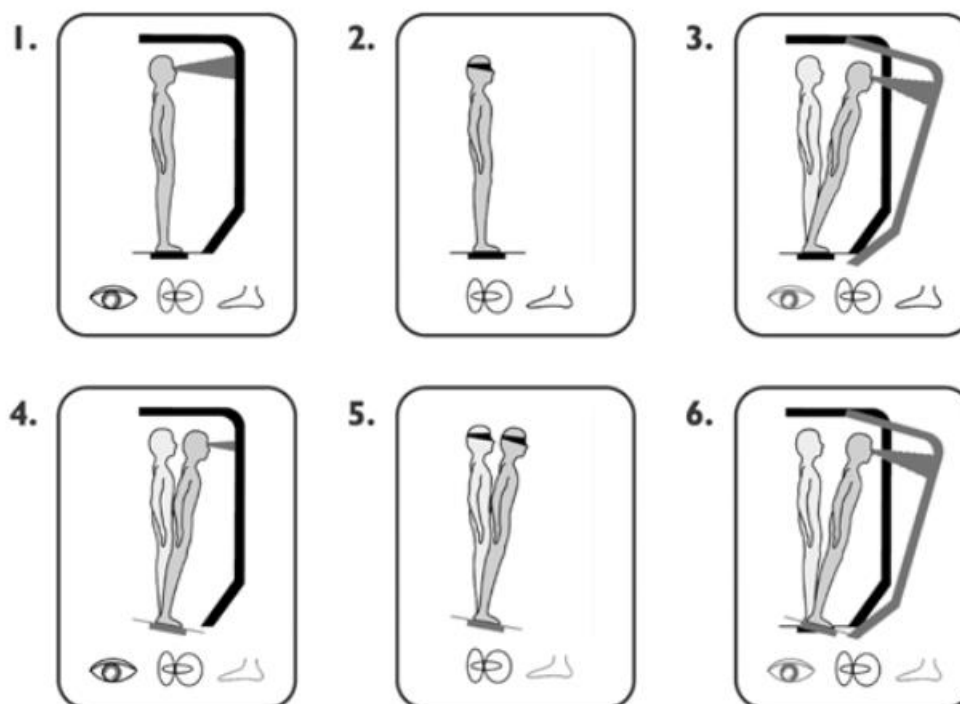
**Obrázek 4** – Náskres náklonné plošiny.

Plošinu bylo možno naklonit pomocí motoru o 12° doprava i doleva s osou procházející mediánní rovinou. Zároveň s plošinou se nakláněl i testovaný proband. Z přístroje bylo možné odečíst úhel náklonu plošiny od horizontály. Proband byl během vyšetření posazen na horní

desce přístroje a na plátno před ním byl ve výši očí promítán bod určený na zafixování pohledu.

## 7.2 Vyšetření na posturografu NeuroCom®

Během vyšetření probandů na posturografu NeuroCom® byl použit Senzory Organization Test. SOT vyšetřuje efektivitu stabilizace stoje v závislosti na změně sensorických vjemů. Test slouží k určení míry posturální stability a podílu jednotlivých sensorických vjemů vizuálního, somatosenzorického a vestibulárního ústrojí na posturální stabilizaci během vzpřímeného bipedálního stoje. Během testování je proband ve vzpřímeném stoji, ruce volně podél těla (Kolářová et al., 2014, s. 12-16). Jednotlivé testované situace jsou znázorněny na Obrázku 5.



**Obrázek 5** – Jednotlivé situace testované Senzory Organization Testem. (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1223).

Testuje se celkem šest situací:

- 1) Klidný stoj na plošině s otevřenými očima, bez alterace sensorických informací, podložka ani kabina se nehýbou (Obrázek 5, schéma 1).
- 2) Klidný stoj na plošině se zavřenými očima, podložka ani kabina se nehýbou (Obrázek 5, schéma 2). Hodnotí se schopnost balance bez zrakové kontroly.

- 3) Klidný stoj na plošině s otevřenými očima, podložka se nehýbe, kabina je v pohybu (Obrázek 5, schéma 3). Hodnotí se schopnost balance s alterací informací z vestibulárního aparátu.
- 4) Klidný stoj na plošině s otevřenými očima, podložka se pohybuje, kabina je fixní (Obrázek 5, schéma 4). Hodnotí se schopnost balance s alterací informací ze somatosenzorického aparátu.
- 5) Klidný stoj na plošině se zavřenými očima, podložka se pohybuje, kabina je fixní (Obrázek 5, schéma 5). Hodnotí se schopnost balance bez zrakové kontroly a s alterací informací ze somatosenzorického aparátu.
- 6) Klidný stoj na plošině s otevřenými očima, podložka se pohybuje, kabina je v pohybu (Obrázek 5, schéma 6). Hodnotí se schopnost balance s alterací sensorických informací.

Mezi testované parametry v tomto testu patří Equilibrium score, takzvané procentuální vyjádření stability. Čím vyšší je hodnota, tím lepší je posturální stabilizace dané osoby v testu. Dalším sledovaným parametrem je Strategy Analysis. Hodnota tohoto parametru určí převažující strategii k udržení balance (kyčelní nebo kotníková). Čím vyšší je hodnota parametru, tím více převažuje k udržení balance kotníková strategie. Další získanou hodnotou je COG alignment. Jedná se o výchozí postavení vertikální projekce těžiště do podložky před začátkem jednotlivých testů (Kolářová et al., 2014, s. 12-16).

Test SOT v části Sensory Analysis analyzuje a hodnotí míru využití jednotlivých sensorických systémů v posturální kontrole díky poměru hodnot ze základního prvního testu s otevřenými očima a nehybnou podložkou i kabinou s ostatními testy alterujícími jednotlivé systémy. Vzorce pro výpočty jednotlivých modalit jsou následující:

$$\text{Somatosenzorické informace} = \frac{\text{průměrné skóre condition 2}}{\text{průměrné skóre condition 1}} * 100$$

$$\text{Vizuální informace} = \frac{\text{průměrné skóre condition 4}}{\text{průměrné skóre condition 1}} * 100$$

$$\text{Vestibulární informace} = \frac{\text{průměrné skóre condition 5}}{\text{průměrné skóre condition 1}} * 100$$

(Faraldo-García et al., 2012, 40 p. 674).

Vzorce jsem použila v programu Office Excel 2007 na dopočítání podílu jednotlivých senzoričkových vstupů u všech pacientů. V této diplomové práci jsem pracovala pouze s parametrem Equilibrium score a z něj dopočítaným parametrem Sensory Analysis.

Všichni probandi byli na posturografu umístěni ve standardizované výchozí poloze chodidel na silové tenzometrické plošině. Chodidla všech vyšetřovaných probandů byla nastavena s mediálním kotníkem nad širokou modrou linií. Laterálním kotníkem umístěným v závislosti na tělesné výšce buď nad průsečíkem široké modré linie a linie M (tělesná výška v rozmezí 141–165 cm) nebo linie T (tělesná výška v rozmezí 166–203 cm). Vyšetřovaní byli instruováni, aby neměnili v průběhu testování pozici chodidel. Všichni probandi byli během vyšetření požádáni, aby stáli vzpřímeně v samostatném stoji bez sebemenší vnější opory, horní končetiny volně spuštěné podél těla a dívali se před sebe. Probandi byli vždy vyšetřováni v bezpečnostní vestě upevněné do úchyty přístroje.

### **7.3 Charakteristika souboru**

Testovány byly dvě skupiny probandů. První byla měřena skupina pacientů po cévní mozkové příhodě. Druhá skupina byla kontrolní, jejímiž členy byli zdraví probandi odpovídajícího věku.

#### **7.3.1 Experimentální skupina**

Experimentální skupina (ES) byla tvořena souborem 18 pacientů s diagnózou cévní mozkové příhody. Všichni pacienti byli v akutním stádiu onemocnění. Tito pacienti byli hospitalizováni na Rehabilitačním oddělení Fakultní nemocnice Olomouc. Ischemická cévní mozková příhoda byla diagnostikována u 16 z celkového počtu 18 pacientů. Dva pacienti měli hemoragickou CMP. Ve zkoumaném vzorku bylo 9 CMP v povodí arteria cerebri media (ACM), 3 CMP ve vertebrobazilárním (VB) povodí, jedna v oblasti mozečku, jedna temporoparietálně, jedna v mesencephalonu, jedna v medulla oblongata a jedna v oblasti mozkového kmene. Měření byli pacienti s pravostranným i s levostranným postižením. Z celkového počtu testovaných bylo 5 CMP pravostranných, 7 CMP bylo levostranných a u 6 lézí nebyla stanovena lateralita. Lateralita nebyla u lézí vertebrobazilárního povodí, mozkového kmene, medulla oblongata a mozečku. Pacienti byli zařazeni do měření nezávisle na tom, zda se jednalo o hemoragickou nebo ischemickou cévní mozkovou příhodu a bez ohledu na lokalizaci léze. V průběhu statistického vyhodnocení nebyla lateralita a lokalita léze brána v potaz z důvodu malého početního zastoupení jednotlivých skupin.

Do měřeného souboru byli zařazeni jak muži, tak ženy. V testovaném souboru experimentální skupiny bylo zařazeno 15 mužů a 3 ženy. Tento početní rozdíl byl způsoben rozložením pacientů na oddělení v průběhu měření. V experimentální skupině se nacházeli pacienti v rozmezí od 51 do 77 let. Průměrný věk experimentální skupiny byl 67 let. Pacienti zařazení do experimentální skupiny byli průměrné váhy a výšky. Průměr indexu tělesné hmotnosti (BMI) tohoto souboru byl 26,5. Minimální hodnota BMI v tomto souboru byla 20,6 a maximální hodnota byla 36,7.

Všichni pacienti byli schopni samostatného stoje a sedu, ve kterém bylo vyšetření prováděno, bez využití kompenzačních pomůcek. U žádného pacienta nebyl zjištěn dřívější úraz či operace na dolních končetinách, neuropatie jakékoliv etiologie nebo jiné přidružené závažnější neurologické onemocnění, které by mohlo ovlivnit měření. Vyloučení byli pacienti s vážným kognitivním deficitem, psychiatrickou diagnózou, závažným interním onemocněním nebo výraznou fatickou poruchou a dalšími přidruženými diagnózami, které by znemožňovaly pochopení nebo provedení měření.

### **7.3.2 Kontrolní skupina**

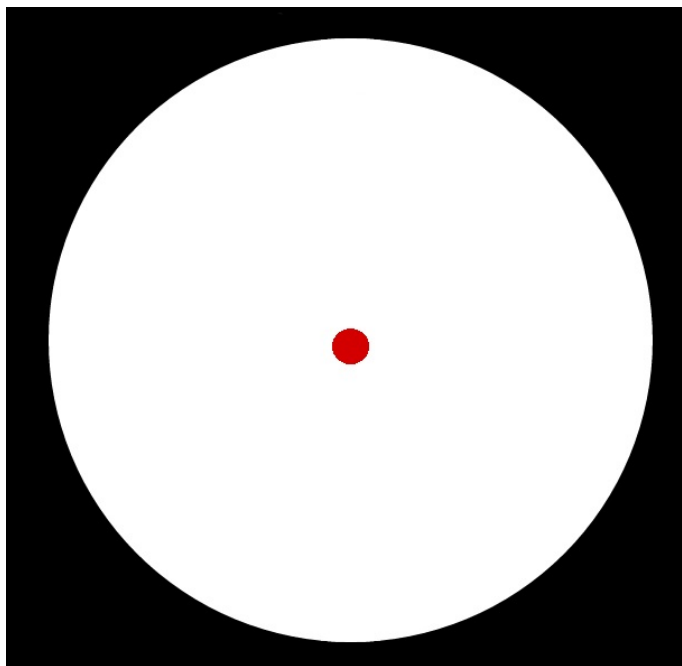
Kontrolní skupinu (KS) tvořilo 17 probandů bez neurologického deficitu. Z toho 10 žen a 7 mužů. V kontrolní skupině se nacházeli probandi v rozmezí od 35 do 79 let. Průměrný věk kontrolní skupiny je 60 let. Probandi zařazení do kontrolní skupiny byli průměrné váhy a výšky. Průměr BMI tohoto souboru byl 27,5. Minimální hodnota BMI byla 21,6 a maximální hodnota v tomto souboru byla 38,3.

Do měření byli zařazeni pouze probandi bez úrazu či operace na dolních končetinách, neurologické či psychiatrické diagnózy nebo závažného interního onemocnění. Do kontrolní skupiny byli zařazeni pacienti hospitalizováni na Rehabilitačním oddělení a Traumatologickém oddělení Fakultní nemocnice Olomouc s traumatickým nebo degenerativním onemocněním horních končetin. U žádného probanda z kontrolní skupiny nebyl zjištěn dřívější úraz či operace na dolních končetinách, neuropatie jakékoliv etiologie nebo jiné přidružené závažnější neurologické onemocnění, které by mohlo ovlivnit měření. Vyloučení byli všichni probandi s vážným kognitivním deficitem, psychiatrickou diagnózou, závažným interním onemocněním a dalšími přidruženými diagnózami, které by znemožňovaly pochopení nebo provedení měření.

## 7.4 Průběh měření

Pacienti byli měřeni shodným způsobem a za stejných zevních podmínek. Měření probíhala v rozmezí 8:00 – 15:00. Doba byla stanovena s ohledem na provoz pracoviště Fakultní nemocnice. Měření probíhalo v prostorách kineziologické laboratoře na Oddělení rehabilitace Fakultní nemocnice Olomouc. Během všech měření byly dodržovány stejné podmínky (eliminace rušivých podnětů zvenčí, minimalizace pohybu cizích osob a zvukových podnětů). Jako výzkumná metoda byla použita dynamická počítačová posturografie NeuroCom® a sklopná plošina. Sklopná plošina sloužila k nalezení subjektivní posturální vertikály u testovaných probandů. Posturograf NeuroCom® byl vybrán pro schopnost zaznamenání a objektivizace dynamické a statické balance a izolace kvality senzické a vestibulární a vizuální komponenty a jejich využití testovaným probandem.

Měření začínalo SOT testem na Posturografu NeuroCom® blíže popsáním v kapitole 7.2 Dynamická počítačová posturografie NeuroCom®. Poté následoval test na náklonné plošině. Na začátku testu byli pacienti bezpečně posazeni na sklopnou plošinu (fotograficky zdokumentováno viz příloha 3). První část testu probíhala s otevřenými očima za vizuální kontroly. Před pacientem ve vzdálenosti 1,7 metrů od náklonné plošiny bylo umístěno promítací plátno, na kterém je zobrazena světelná tečka pro zafixování pohledu pacienta (Obrázek 6).

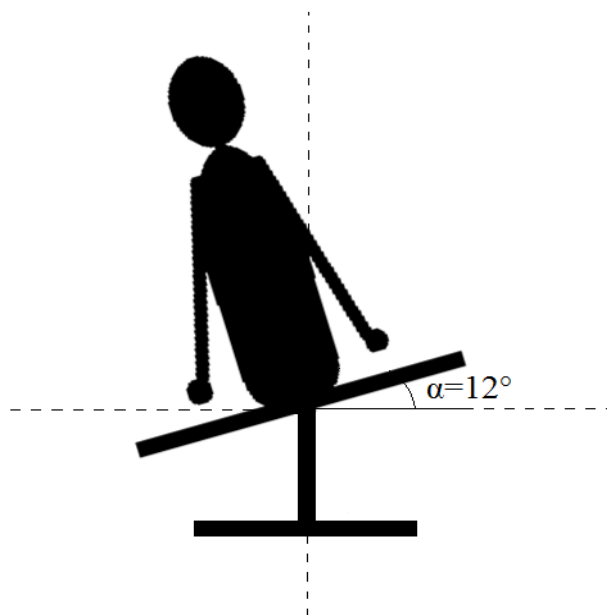


**Obrázek 6** – světelný bod pro zafixování pohledu probandů během první části experimentu na náklonné plošině.



Pacienti byli požádáni, aby během testu fixovali pohled na tento bod. Plošina rotovala na levou i pravou stranu o  $12^\circ$  od horizontály při nízké konstantní rychlosti (cca  $1^\circ$  za sekundu). Náklon je znázorněn na Obrázku 7 (fotograficky zdokumentováno viz příloha 4). Z krajní polohy (sklon vlevo) plošina rotovala do polohy vodorovné a pacient měl za úkol určit, ve které fázi náklonu plošiny se, podle svého subjektivního vnímání, nachází ve vertikální pozici. Poté jsme nechali plošinu sklopit do maximálního sklonu vpravo a z této krajní polohy opět pozvolna plošina rotovala do vodorovné polohy. Pacient měl opět určit, kdy se podle svého subjektivního vnímání nachází ve vertikální pozici. Tento proces byl opakován ve třech měřeních.

Zaznamenávali jsme odchylku od horizontály v úhlových stupních. Pokud během měření pacient vnímal posturální subjektivní vertikálu napravo od hodnoty objektivní vertikály byla hodnota označena jako záporná. Pokud během měření pacient vnímal subjektivní vertikálu nalevo od objektivní vertikály, byla hodnota zaznamenána jako kladná. Z první fáze měření získáme u každého pacienta 3 údaje o náklonu z levé strany a 3 údaje o náklonu z pravé strany.



**Obrázek 7** – Maximální náklon plošiny s pacientem.

Druhá fáze měření probíhala stejně jako první. Pacient byl během této fáze požádán, aby zavřel oči. Během této fáze určuje pacient posturální subjektivní vertikálu bez zrakové kontroly. V druhé fázi bylo opět provedeno šest měření, tři při naklonění plošiny z pravé strany a tři při naklonění plošiny z levé strany. Opět jsme zaznamenávali odchylku

od horizontály v úhlových stupních. Výsledná hodnota byla u každého probanda počítána aritmetickým průměrem výsledků ze všech šesti měření. Z těchto hodnot byla dopočítána pozice subjektivní posturální vertikály na ose x. Tyto souřadnice vertikál na ose x pak následně byly převedeny do absolutních hodnot, protože jsme se v našem experimentu rozhodli nezohledňovat lokalizaci léze ani lateralizaci. Z těchto důvodů mohly být výsledné hodnoty odchylek brány všechny dohromady bez ohledu na to, jestli měl daný pacient vertikálu odchýlenou vpravo nebo vlevo a pacienti se ve statistickém zpracování nemuseli dělit na skupiny.

## **7.5 Zpracování a vyhodnocování dat**

Ze náklonné plošiny byla data odečítána přímo ve stupních a zaznamenávána do dokumentu Microsoft Office Excel. Hodnoty jednotlivých měřených parametrů z posturografie NeuroCom® byly v podobě reportu staženy v PDF a převedeny a zpracovány rovněž v programu Microsoft Office Excel 2007.

### **7.5.1 Statistické zpracování dat**

K analýze dat byl použit statistický software programu Statistica 12 CZ a programu Microsoft Office Excel 2007. Nejprve byly v programu provedeny základní popisné statistiky testovaného souboru, včetně rozložení věku, BMI a popisných statistik sledovaných hodnot. Poté byly provedeny testy normality pomocí histogramů a Shapiro-Wilkova testu. Jelikož data podle tohoto testu nemají normální rozdělení četností hodnot, byl k ověření hypotéz ( $H_01$  a  $H_02$ ) první vědecké otázky použit neparametrický Mann-Whitney U test pro porovnání dvou nezávislých vzorků. K ověření hypotézy ( $H_03$ ) druhé vědecké otázky byl použit Wilcoxonův párový test pro porovnání dvou závislých vzorků. Závislost mezi percepcí vertikality a výsledky posturografie NeuroCom® v testu SOT části EQUILIBRIUM a Sensory Analysis tedy vědecké otázky číslo 3 a 4 ( $H_04$  a  $H_05$ ) byla hodnocena pomocí Spearmanovy korelační analýzy. Všechny statistické testy byly dělány na hladině signifikance  $p < 0,05$ . V případě signifikantního výsledku byly distribuce hodnot měřených parametrů ve sledovaných skupinách zobrazeny pomocí krabicového grafu se znázorněním mediánu, kvartilů, minima a maxima.

## 8 Výsledky

Celý soubor pacientů byl popsán popisnou statistikou z hlediska rozložení věku, BMI a genderu v jednotlivých skupinách. Rozložení z hlediska věku je popsáno v Tabulce 1. Rozložení z hlediska BMI v Tabulce 2 a genderové rozložení obou skupin je popsáno v Tabulce 3. Tabulka 4 znázorňuje rozložení hemoragických a ischemických cévních mozkových příhod v rámci experimentální skupiny. Na povodí CMP nebyl ve statistickém zpracování brán zřetel z důvodu malého početního zastoupení jednotlivých povodí.

**Tabulka 1** - Rozložení kontrolní a experimentální skupiny z hlediska věku

Věk	Věk průměr	Počet N	Směrodatná odchylka
Experimentální skupina	67,3889	18	8,2186
Kontrolní skupina	60,0000	17	9,2804
Obě skupiny	63,8000	35	9,3990

**Tabulka 2** - Rozložení kontrolní a experimentální skupiny z hlediska BMI

BMI	BMI průměr	Počet N	Směrodatná odchylka
Experimentální skupina	26,4956	18	3,9535
Kontrolní skupina	27,4506	17	4,4372
Obě skupiny	26,9594	35	4,1611

**Tabulka 3** - Rozložení kontrolní a experimentální skupiny z hlediska genderu

Genderové rozložení kontrolní a experimentální skupiny	Ženy	Muži	Celkem
Experimentální skupina (ES)	3	15	18
Procentuální zastoupení v ES	16,67%	83,33%	
Kontrolní skupina (KS)	10	7	17
Procentuální zastoupení v KS	58,82%	41,18%	
Celkem	13	22	35

**Tabulka 4** - Rozložení hemoragických a ischemických cévních mozkových příhod v rámci experimentální skupiny

Rozložení ischemických a hemoragických CMP v experimentální skupině	Ischemická CMP	Hemoragická CMP	Celkem
Počet	16	2	18
Procentuální zastoupení	88,89%	11,11%	

## 8.1 Výsledky k vědecké otázce č. 1

Otázka č. 1: *Existuje rozdíl mezi percepcí posturální vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců stejné věkové kategorie?*

**H<sub>01</sub>:** Odchylna subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou u pacientů s CMP se nijak neliší od odchylny objektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou u zdravých jedinců.

**H<sub>02</sub>:** Odchylna subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly u pacientů s CMP se nijak neliší od odchylny objektivní posturální bez zrakové kontroly u zdravých jedinců.

Odchylna subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou byla popsána popisnou statistikou v Tabulce 5. Odchylna subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly byla popsána v Tabulce 6. Vzhledem k tomu že data nemají normální rozložení, byla popsána pomocí mediánu, kvantilů, minima, maxima a směrodatné odchylny.

**Tabulka 5** - Odchylna subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou – popisná statistika

Odchylna subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou (se zrakovou fixací světelného bodu)							
	Počet N	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylna	Medián	25 kvantil	75 kvantil
Experimentální skupina	18	0,08	2,15	0,65	0,66	0,47	1,27
Kontrolní skupina	17	0,07	1,48	0,36	0,28	0,13	0,50
Souhrn všech probandů	35	0,07	2,15	0,58	0,50	0,18	0,85

**Tabulka 6** - Odchylka subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly – popisná statistika

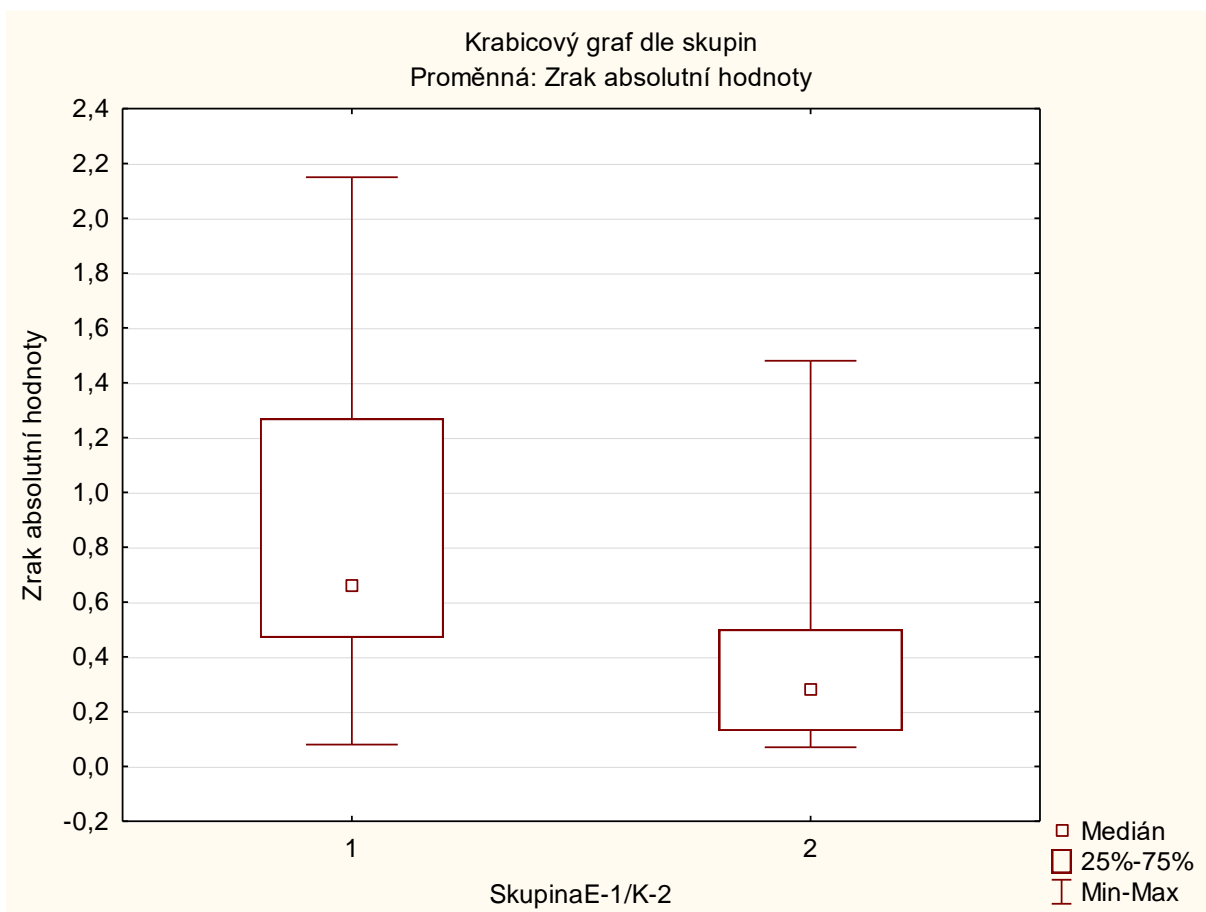
Odchylka subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly							
	Počet N	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka	Medián	25 kvantil	75 kvantil
Experimentální skupina	18	0,12	3,27	0,84	0,9	0,48	1,08
Kontrolní skupina	17	0,02	1,7	0,44	0,38	0,17	0,58
Souhrn všech probandů	35	0,02	3,27	0,72	0,52	0,27	1,02

Hypotézy H<sub>01</sub> a H<sub>02</sub> byly testovány pomocí neparametrického Mann-Whitney U test. Důvodem bylo, že nemají normální rozdělení četností hodnot. Výsledky testu pro H<sub>01</sub> jsou zaznamenány v Tabulce 7 a výsledky testu pro H<sub>02</sub> jsou zaznamenány v Tabulce 8.

**Tabulka 7** - Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou (fixací světelného bodu) - Mann-Whitney U test

Odchylka subjektivní PV se zrakovou kontrolou	Souč. poř. Skup. 1 - Exp.	Souč. poř. Skup. 2 - Kon.	U	Z	p - hodn.	N platných skupiny 1 - Exp.	N platných skupiny 2 - Kon.
	406,50000	223,50000	70,50000	2,70640	0,00680	18	17

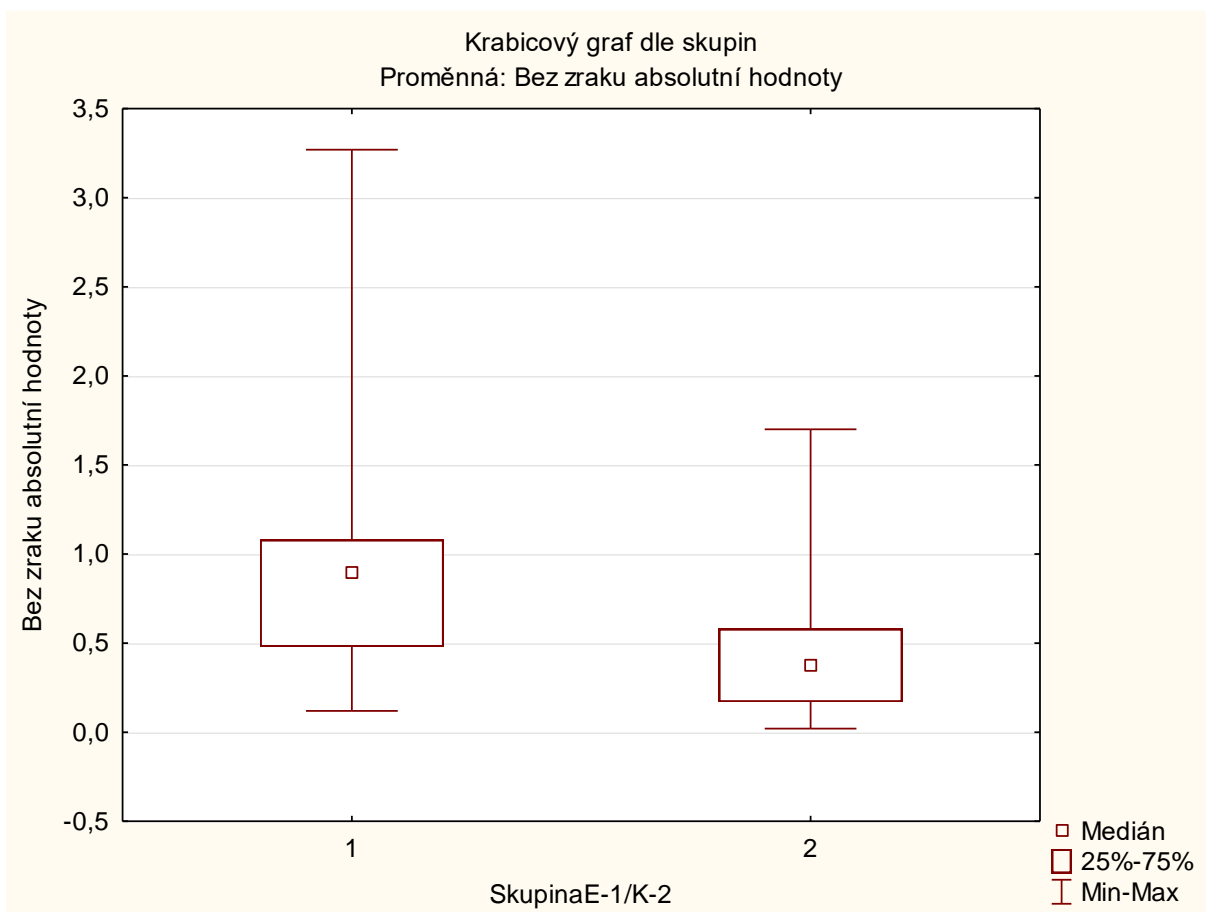
Testovaná experimentální skupina se významně lišila od kontrolní skupiny zdravých probandů. Při testování se zrakovou fixací světelného bodu (H<sub>01</sub>) byl rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou na hladině významnosti  $p < 0,01$ . Při testování bez zrakové kontroly (H<sub>02</sub>) byl rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou na hladině významnosti  $p < 0,05$ . Graficky jsou výsledky pro hypotézu H<sub>01</sub> zaznamenány na Obrázku 8 a pro hypotézu H<sub>02</sub> na Obrázku 9 v podobě krabicových grafů.



**Obrázek 8** – Krabicový graf odchylek subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály s fixací světelného bodu. Experimentální skupina označena číslem 1, kontrolní skupina označena číslem 2. Odchyly subjektivních vertikál jsou uvedeny v absolutních hodnotách.

**Tabulka 8** - Odchylka subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly – Mann-Whitney U test

Odchylka subjektivní PV bez zrakové kontroly	Souč. poř. Skup. 1 - Exp.	Souč. poř. Skup. 2 - Kon.	U	Z	p - hodn.	N platných skupiny 1 - Exp.	N platných skupiny 2 - Kon.
	398,0000	232,0000	79,00000	2,425861	0,015273	18	17



**Obrázek 9** – Krabicový graf odchylek subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly. Experimentální skupina označena číslem 1, kontrolní skupina označena číslem 2. Odchytky subjektivních vertikál jsou uvedeny v absolutních hodnotách

**Na základě získaných výsledků hypotézy H<sub>01</sub> a H<sub>02</sub> zamítáme. Odchytky subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou i bez zrakové kontroly je vyšší u pacientů s CMP než u kontrolní skupiny.**

## 8.2 Výsledky k vědecké otázce č. 2

Otázka č. 2: *Existuje rozdíl mezi percepcí posturální vertikality se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly.*

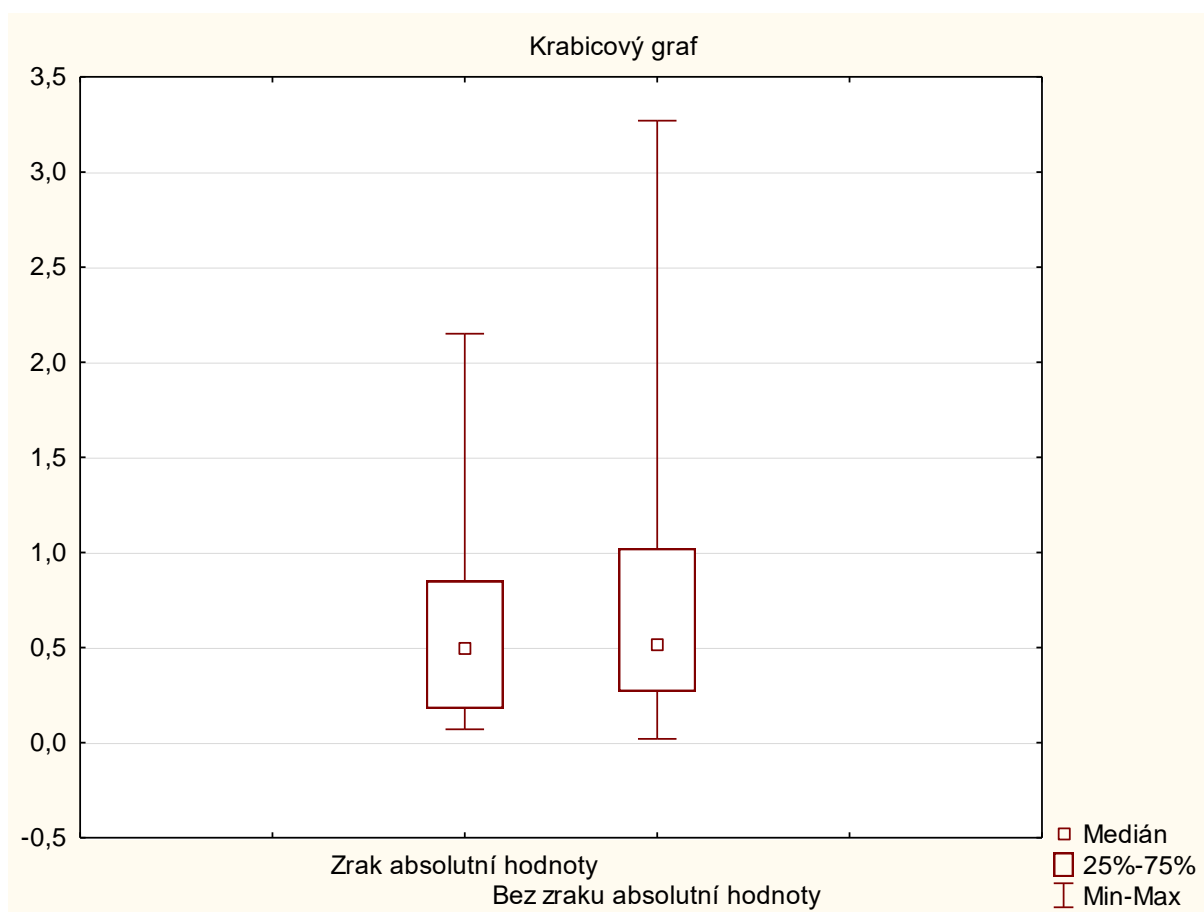
**H<sub>03</sub>:** Odchytky subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou se nijak neliší od odchylek subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly.

Pro ověření H<sub>03</sub> byly výsledky zpracovány Wilcoxonovým párovým testem pro porovnání dvou závislých vzorků. Výsledky jsou zpracovány v Tabulce 9. Výsledky

nejdou statisticky významné na hladině skupinové na hladině významnosti  $p < 0,05$ . Grafické znázornění výsledků je na Obrázku 10.

**Tabulka 9** - Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou v porovnání s odchylkou bez zrakové kontroly – Wilcoxonův párový test

Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou v porovnání s odchylkou bez zrakové kontroly - Wilcoxonův párový test				
	Počet platných	T	Z	p-hodn.
Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou / bez zrakové kontroly	35	255,0000	0,982749	0,325732



**Obrázek 10** – Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou v porovnání s odchylkou bez zrakové kontroly.

**Na základě získaných výsledků hypotézu  $H_03$  nelze zamítnout.**



### 8.3 Výsledky k vědecké otázce č. 3

Otázka č. 3: *Existuje korelace mezi percepcí posturální vertikality a mírou posturální stability?*

**H<sub>0</sub>4:** Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly nemá žádnou korelaci s výsledkem testu SOT části EQUILIBRIUM Conditions 1-6 a EQUILIBRIUM Composite.

Závislost mezi percepcí vertikality a výsledky posturografie NeuroCom® v testu SOT části EQUILIBRIUM byly nejprve zpracovány základní popisnou statistikou a následně hodnoceny pomocí Spearmanovy korelační analýzy. Výsledky popisné statistiky naleznete v Tabulce 10. Výsledky Spearmanovy korelační analýzy jsou zaznamenány v Tabulce 11.

**Tabulka 10** - Výsledky popisné statistiky – Sensory Organization Test – Equilibrium

Sensory Organization Test - Equilibrium							
	N platných	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka	Horní kvartil	Dolní kvartil
Condition 1	35	92,33333	76,66667	96,66667	3,94187	94,00000	89,33333
Condition 2	35	91,00000	74,66667	95,66667	4,64420	92,66667	87,66667
Condition 3	35	85,66667	68,00000	95,00000	6,56863	90,66667	82,66667
Condition 4	35	76,33333	13,66667	95,66667	15,20168	82,33333	68,33333
Condition 5	35	60,00000	0,00000	77,00000	22,60292	67,66667	43,33333
Condition 6	35	52,00000	0,00000	76,33333	23,10645	66,66667	39,33333
Composite	35	70,00000	33,00000	83,00000	12,50969	78,00000	61,00000

**Tabulka 11** - Sensory Organization Test Equilibrium v korelaci s odchylkou subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly – Spearmanovy korelační analýzy

Spearmanovy korelační analýzy - Sensory Organization v korelaci s odchylkou subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly				
Dvojice proměných	Počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p-hodn.
Zraková kontrola & E1 prům.	35	0,1598	0,9301	0,3591
Zraková kontrola & E2 prům.	35	-0,0347	-0,1993	0,8433
Zraková kontrola & E3 prům.	35	0,0083	0,0475	0,9624
Zraková kontrola & E4 prům.	35	0,1063	0,6141	0,5433
Zraková kontrola & E5 prům.	35	-0,1487	-0,8636	0,3940
Zraková kontrola & E6 prům.	35	-0,0377	-0,2167	0,8298
Zraková kontrola & COM	35	-0,0683	-0,3934	0,6965
Bez zrakové kontroly & E1 prům.	35	0,0461	0,2652	0,7925
Bez zrakové kontroly & E2 prům.	35	-0,0682	-0,3927	0,6971
Bez zrakové kontroly & E3 prům.	35	0,0215	0,1233	0,9026
Bez zrakové kontroly & E4 prům.	35	0,0308	0,1772	0,8605
Bez zrakové kontroly & E5 prům.	35	-0,1317	-0,7631	0,4508
Bez zrakové kontroly & E6 prům.	35	0,0546	0,3140	0,7555
Bez zrakové kontroly & COM	35	-0,0432	-0,2487	0,8051

Na základě získaných výsledků hypotézu  $H_04$  nelze zamítnout.

#### 8.4 Výsledky k vědecké otázce č. 4

Otázka č. 4: *Existuje korelace mezi mírou percepce posturální vertikality a kvalitou somatosenzorického, vestibulárního a zrakového vjemu?*

**H<sub>05</sub>:** Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly nemá žádnou korelaci s výsledky testu SOT části Sensory Analysis pro somatosenzorický vstup, vestibulární vstup a vizuální vstup.

Závislost mezi percepcí vertikality a výsledky posturografie NeuroCom® v testu SOT části Sensory Analysis byly nejprve zpracovány základní popisnou statistikou a následně

hodnoceny pomocí Spearmanovy korelační analýzy. Výsledky popisné statistiky naleznete v Tabulce 12. Výsledky Spearmanovy korelační analýzy jsou zaznamenány v Tabulce 13.

**Tabulka 12** - Výsledky popisné statistiky – Sensory Organization Test – Sensory Analysis

Sensory Analysis							
	N platných	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Směrodatná odchylka
Somatosenzorický vstup	35	98,571	87,500	105,652	96,503	100,717	3,915
Vizuální vstup	35	81,786	16,016	98,966	75,986	91,259	15,725
Vestibulární vstup	35	64,516	0,000	84,270	44,828	73,282	24,340

**Tabulka 13** - Sensory Analysis Test v korelaci s odchylkou subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly – Spearmanovy korelační analýzy.

Spearmanovy korelační analýzy - Sensory Analysis v korelaci s odchylkou subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly				
Dvojice proměných	Počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p-hodn.
Zraková kontrola & Somatosenzorický vstup	35	-0,173	-1,009	0,320
Zraková kontrola & Vizuální vstup	35	0,038	0,217	0,830
Zraková kontrola & Vestibulární vstup	35	-0,176	-1,026	0,312
Bez zrakové kontroly & Somatosenzorický vstup	35	0,035	0,199	0,843
Bez zrakové kontroly & Vizuální vstup	35	0,015	0,085	0,933
Bez zrakové kontroly & Vestibulární vstup	35	-0,154	-0,896	0,377

**Na základě získaných výsledků hypotézu H<sub>05</sub> nelze zamítnout.**

## 9 Diskuze

### 9.1 Diskuze k metodice práce

Výběr pacientů byl učiněn na základě dostupnosti dané diagnózy na oddělení v období, kdy probíhalo měření. Jak kontrolní, tak experimentální skupina jsou srovnatelné z hlediska BMI ( $ES = 26,4956 \pm 3,9535$ ,  $KS = 27,4506 \pm 4,4372$ ), ale dochází u nich k významnému rozdílu 7 let z hlediska věku ( $ES = 67 \pm 8$  let,  $KS = 60 \pm$  let). Ve studiích Kobayashi et al. (2002, pp. 325–327) a Braema et al. (2014, pp. 41–48) bylo prokázáno zhoršení percepce dynamické vizuální vertikály na podkladě stárnutí. Navíc se Kobayashi et al. (2002, pp. 325–327) přiklání i k teorii, že s přibývajícím věkem klesá vliv vestibulárního ústrojí a roste zároveň vliv zraku na udržení rovnováhy. Studie Barbieri et al. (2010, p. 60) zkoumala odklon subjektivní posturální vertikály (SPV) v antero-posteriorním směru u zdravých jedinců ve věku od 20 do 97 let, aby zjistila souvislost fyziologického stárnutí percepce vertikality. V této studii byla nalezena korelace mezi věkem a SPV orientací  $r = -0,2$  ( $p < 0,05$ ). U 38 seniorů nad 50 let byla zjištěna průměrná odchylka subjektivní PV  $-1,15^\circ \pm 1,40^\circ$ . U 49 mladých dospělých do 50 let byla tato odchylka  $-0,45^\circ \pm 0,97^\circ$ ,  $p < 0,01$ . Tímto byl prokázán vliv fyziologického procesu stárnutí na percepci subjektivní posturální vertikály s nepatrným zpětným posunem PV po celou délku života. Navíc studie prokázala větší míru nejistoty v percepci vertikály u starších pacientů (Barbieri et al., 2010, p. 60). Tyto informace zvyšují důležitost věkové srovnatelnosti obou testovaných skupin a zároveň poukazují na možnost zkreslení výsledku věkovým rozdílem obou skupin.

Ve většině studií je používáno k zjištění subjektivní vertikály 10 pokusů. Piscicelli et al. (2015, pp. 1-4) ve své studii uvádí, že k získání spolehlivých informací o orientaci subjektivní vizuální vertikály je u většiny pacientů potřeba 6-10 pokusů. V této studii bylo sadou 6 pokusů o určení subjektivní VV správně klasifikováno 96 % pacientů (Piscicelli et al., 2015, pp. 1-4). V mém experimentu bylo použito 6 pokusů o nalezení subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou (tři z levé strany a tři z pravé strany) a dalších 6 pokusů o nalezení subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly (opět tři z levé strany a tři z pravé strany). Přestože studie Piscicelli et al. (2015, pp. 1-4) se týkala nalezení subjektivní vizuální vertikály a můj experiment nalezení subjektivní posturální vertikály a metodiky jednotlivých experimentů se do jisté míry odlišovaly, lze pravděpodobně říct, že počet pokusů byl dostatečný ke správné klasifikaci pacientů.

Míra a frekvence navrácení percepce vertikality po centrální lézi není zatím známa. Studie poukazují na to, že se percepce vertikality mění s časovým odstupem od cévní mozkové příhody, ale vývoj těchto změn není u všech měřených pacientů jednotný. Dostupné údaje se liší z důvodů nedostatku homogenní populace a rozmanitosti v době uplynulé od CMP v různých studiích. Ve studii Bonan et al. (2006a, pp. 484-491) zjistili, že v průměrné době 24 dní od CMP měla velká část (60 %) pacientů poruchu percepce vertikality. Většina pacientů vykazovala kontralaterální náklon od strany léze. Porucha percepce vertikality se vyskytovala častěji u pacientů s diagnostikovaným neglect syndromem. Kromě toho, závažnost poruchy vizuální vertikály (VV) silně koreluje i se závažností neglect syndromu, a tato korelace byla silnější s časovým odstupem od ataky. Správná schopnost percepce vizuální vertikály se navrátila během jednoho až tří měsíců u 56 % pacientů, u kterých byla na začátku narušena. V dalších 3 měsících došlo k úpravě percepce vertikality u dalších 19 % pacientů. Po šesti měsících byl experiment ukončen. U zbylých pacientů přetrvávala porucha percepce vertikality i po uplynutí této doby (Bonan et al., 2006a, pp. 484-491, Bonan et al., 2007, pp. 3552-3563). Z těchto důvodů byli pro účely diplomové práce vybráni pacienti v akutním stádiu onemocnění. Na změně percepce vertikály se podílí i závažnost a rozsah prodělané CMP. Autoři studie Baggio et al. (2016, pp. 7-9) prokázali korelaci mezi přesností percepce haptické a vizuální vertikály a závažností cévní mozkové příhody. Tento aspekt ale nebyl v našem experimentu brán v potaz.

## **9.2 Percepce vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců**

První vědecká otázka této práce se zabývala existencí rozdílu mezi percepcí posturální vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců stejné věkové kategorie. Data byla získána ve dvou částech experimentu, v jedné s vizuální kontrolou, respektive s vizuální fixací světelného bodu promítaného na plátno a v druhé bez vizuální kontroly. V obou částech byl zjištěn statisticky významný rozdíl v percepci subjektivní posturální vertikály mezi kontrolní a experimentální skupinou. Na úrovni statistické významnosti  $p=0,00680$  u experimentu se zrakovou kontrolou a  $p=0,015273$  v experimentu bez zrakové kontroly. Tato zjištění jsou v souladu se studii Pérennou et al. (1998, p. 76) a Pérennou et al. (2008, p. 2405), které se zabývaly porovnáním vnímání subjektivní posturální vertikály u zdravých jedinců a u jedinců s CMP.

V souboru kontrolní skupiny vycházel medián odchylky subjektivní posturální vertikály od objektivní PV se zrakovou kontrolou na  $0,28^\circ \pm 0,36^\circ$ , medián odchylky SPV

od objektivní PV bez zrakové kontroly na  $0,38^\circ \pm 0,44^\circ$ . U experimentální skupiny vycházel medián odchylky SPV od objektivní PV se zrakovou kontrolou na  $0,66^\circ \pm 0,65^\circ$ , medián odchylky subjektivní posturální vertikály od objektivní PV bez zrakové kontroly na  $0,9^\circ \pm 0,84^\circ$ . Maximální odchylka SPV od objektivní PV v ES byla  $2,15^\circ$  se zrakovou kontrolou a  $3,27^\circ$  bez zrakové kontroly.

Ve studii Pérennou et al. (1998, p. 76) uvádí se zrakovou kontrolou u zdravých jedinců odchylku subjektivní posturální vertikály bez významného rozdílu od nuly ( $0,2 \pm 0,3$ ;  $p = 0,51$ ). Což je hodnota srovnatelná s našimi naměřenými daty pro kontrolní skupinu se zrakovou kontrolou. Naproti tomu Pérennou et al. (1998, p. 76) naměřili významný kontralaterální náklon subjektivní posturální vertikály od místa léze u pacientů s CMP ( $-2,6 \pm 0,4$ ;  $p < 0,001$ ). Tato hodnota je výrazně vyšší než hodnota naměřená v našem experimentu. U měření bez zrakové kontroly uvádí Pérennou et al. (1998, p. 76) lehké zhoršení u kontrolní skupiny. Odchylka subjektivní posturální vertikály u kontrolní skupiny byla  $0,9 \pm 0,3$ ,  $p = 0,04$ . U pacientů s CMP byla bez vizuální kontroly zjištěna odchylka subjektivní posturální vertikály od objektivní  $-1,8 \pm 0,5$ ;  $p = 0,3$ . U měření bez zrakové kontroly je odchylka naměřená ve studii Pérennou et al. (1998, p. 76) u kontrolní i experimentální skupiny vyšší, než jak je tomu u našeho experimentu. Do studie Pérennou et al. (1998, p. 76) bylo zahrnuto třináct pacientů s pravostrannou lézí a devět s levostrannou lézí. Kontrolní skupiny tvořilo čtrnáct zdravých jedinců.

Ve studii Pérennou et al. (2008, p. 2405), kde byla všechna data vyšetřována bez zrakové kontroly, se uvádí hodnota SPV u zdravých jedinců PV =  $0,03^\circ \pm 0,9^\circ$  ( $P = 0,83$ ). Kontrolní skupinu tvořilo 33 zdravých jedinců ve věku  $48,8 \pm 10,8$  let. U pacientů s CMP byla subjektivní posturální vertikála v průměru výrazně více odkloněna od objektivní PV než v kontrolní skupině PV =  $-3,5^\circ \pm 5,1^\circ$  ( $p < 10^{-6}$ ). Experimentální skupina se skládala z 86 pacientů, kteří utrpěli první CMP. Věk  $55,4 \pm 13,1$  let, 70 ischemické CMP a 16 hemoragické CMP, které se nacházely buď v jedné hemisféře (povodí ACM nebo thalamu,  $n = 80$ ), nebo v mozkovém kmeni ( $n = 6$ ) (Pérennou et al., 2008, p. 2405). Data naměřená u kontrolní skupiny jsou i u této studie srovnatelná s našimi naměřenými daty. Hodnoty u experimentální skupiny jsou výrazně vyšší než hodnoty naměřené v našem experimentu.

Hodnoty uváděné jako průměrné odchylky subjektivní PV od objektivní PV u experimentální skupiny studiemi Pérennou et al. (1998, p. 76) a Pérennou et al. (2008, p. 2405) by byly srovnatelné s maximální odchylkou subjektivní PV která byla  $2,15^\circ$  se zrakovou kontrolou a  $3,27^\circ$  bez zrakové kontroly. Naproti tomu ve studii Baggio et al.

(2016, pp. 1-11) vyšel medián odchylky subjektivní PV  $0,36^\circ$  tedy výrazně menší od našeho  $0,66^\circ \pm 0,65^\circ$  se zrakovou kontrolou i  $0,9^\circ \pm 0,84^\circ$  bez zrakové kontroly. Fakt, že průměrné odchylky u experimentální skupiny v našem výzkumu vycházely výrazně menší, než u prvních dvou studií by mohl být způsoben různorodostí typů lézí jak z hlediska laterality, tak z hlediska povodí v experimentální skupině. V našem zkoumaném vzorku bylo 9 CMP v povodí ACM, 3 CMP ve VB povodí, jedna v oblasti mozečku, jedna temporoparietálně, jedna v mesencephalonu, jedna v medulla oblongata a jedna v oblasti mozkového kmene. Z celkového počtu testovaných bylo 5 CMP pravostranných, 7 cévních mozkových příhod bylo levostranných a u 6 lézí nebyla stanovena laterality (vertebrobazilární povodí, mozkového kmene, medulla oblongata a mozeček). Ke snížení odchylky subjektivní posturální vertikály experimentální skupiny mohlo dojít vlivem zprůměrování odchylek pacientů, kteří z důvodů lokalizace léze měly poruchu percepce vertikality a pacientů, kteří ze stejných důvodů tuto poruchu neměli.

Důvodem tohoto rozdílu by mohly být i samotné vstupní podmínky do experimentu. Přestože bylo měření pro pacienta relativně nenáročné, vyžadovalo od pacienta schopnost samostatného stoje i sedu. Všichni pacienti, kteří absolvovali naše měření, byli navíc schopni samostatné chůze, i když někteří s využitím pomůcek. Ve studiích Pérennou et al. (1998, p. 76) a Pérennou et al. (2008, p. 2405) byla PV testována za pomoci otáčivého bubnu, ve kterém měl pacient hlavu, trup a končetiny připoutány popruhy k zařízení, a proto nemuseli mít pacienti v těchto studiích takovou míru posturální kontroly, jako u našeho experimentu, při kterém museli sedět samostatně bez opory. Ani jedna z těchto studií neuvádí nutnost samostatného sedu ve vstupních podmínkách. Sám Pérennou et al. (2008, p. 2403) například uvádí, že 46 z 86 pacientů nebylo schopno samostatného stoje. Autoři Snowdon & Scott (2005, pp. 165-170) zjistili, že míra odklonu subjektivní vertikály od objektivní vertikály přímo koreluje s obtížností samostatné chůze pro pacienta. A proto také ve své studii hovoří o poruše percepce vertikály jako o závažné komplikaci posturálních a bipedálně-lokomočních schopností pacienta. Je proto možné, že pacienti s horší posturální stabilitou vyjádřenou klinicky neschopností samostatné chůze vykazovali také horší percepci posturální vertikály, proto byly odchylky SPV naměřené v těchto studiích větší.

Pérennou et al. (2008, pp. 2401-2402) ve své studii uvádějí, že poruchy v percepci posturální vertikality se objevují nejčastěji u pacientů s lézí pravé hemisféry. Piscicelli et al. (2013, p. e160) uvádí dominantní vliv pravé hemisféry v percepci subjektivní vizuální vertikály. Pokud byly zjištěny poruchy percepce vertikality u levostranného poškození, jednalo se o rozsáhlé léze s postižením mnoha struktur (Pérennou et al., 2014, pp. 29-30).

Do některých studií jako je například studie Utz et al. (2011, pp. 68–69) jsou zařazováni pouze pacienti s pravostrannou lézí, na rozdíl od našeho experimentu, do kterého byli zařazeni pacienti s levostrannou, pravostrannou lézí i s lézemi bez stanovení laterality.

Dalším aspektem je, že u pacientů po CMP nemusí být vždy postiženo vnímání posturální vertikály, kterou náš experiment testoval. Pérennou et al. (2008, pp. 2401-2402) a Bronstein, et al. (2003, pp. 1260–1261) prokázali disociaci posturální, haptické a vizuální vertikály. U některých lézí může docházet k abnormalitám ve vnímání vizuální vertikály nebo haptické vertikály bez vyjádření abnormalit percepce posturální vertikály. Zvláště porucha vizuální vertikály se vyskytuje často samostatně bez vyjádření ostatních dvou (Pérennou et al. 2008, pp. 2401-2402).

Na percepci vertikality má vliv i místo vzniku léze při CMP, rozsah a množství zasažených struktur. Podle studie Rousseaux et al. (2013, pp. 1291–1297) má největší vliv na abnormální vnímání vertikality poškození vzniklé v oblastech temporoparietální, superiorní temporální, a posteriorní insulární oblasti cortexu (Rousseaux et al., 2013, pp. 1291–1297; Marquer et al., 2011, p. e139; Barra et al., 2012, p. 2493). Pérennou et al. (2008, pp. 2401-2402) uvádí jako nejdůležitější oblasti pro percepci posturální vertikály Rolandův kortex, parietální kortex a thalamus (Pérennou et al. 2008, pp. 2401-2402).

### **9.3 Percepce vertikality s a bez zrakové kontroly**

Vědecká otázka č. 2. zjišťovala rozdíl mezi percepcí posturální vertikality se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly. Z výsledků získaných v této diplomové práci se nepodařilo prokázat statisticky významný rozdíl mezi percepcí posturální vertikály se zrakovou kontrolou nebo bez zrakové kontroly. Medián všech naměřených odchylek subjektivní posturální vertikály byl u zrakové kontroly  $0,5^\circ \pm 0,58^\circ$  a u měření bez zrakové kontroly  $0,52^\circ \pm 0,72^\circ$ . Hodnoty byly prakticky shodné. Určitý rozdíl byl pouze u maximálních odchylek subjektivní PV, která byla  $2,15^\circ$  se zrakovou kontrolou a  $3,27^\circ$  bez zrakové kontroly.

Slaboda & Keshner (2012, pp. 2664–2665) předpokládají, že vizuální informace u pacientů po prodělané CMP může mít vyšší váhu v důsledku snížené somatosenzorické informací a biomechanických změn. Studie Schuler et al. (2010, pp. 91-92) ukázala závislost subjektivní haptické vertikály na zrakové kontrole okolí. Při nezakrytém zraku určovali pacienti subjektivní vertikálu s horším výsledkem, než když byla vizuální orientace zcela znemožněna. Autoři se domnívají, že by tento jev mohl být způsoben absencí rušivých vjemů a tím pádem i lepším soustředěním na informace poskytované vestibulárním



nebo somatosenzorickým vjemem. Zatím se však nepodařilo žádný objektivní důvod prokázat (Schuler et al., 2010, pp. 91-92).

Ve studii Pérennou et al. (1998, p. 76) byla zjištěna, větší odchylka SPV u kontrolní skupiny v experimentu bez zrakové kontroly, ale u pacientů s CMP došlo naopak při eliminaci zrakové kontroly k mírnému snížení odchylky. Tyto údaje korelují se zjištěními studie Schuler et al. (2010, pp. 91-92). Výsledky z našeho experimentu ale zjištění těchto dvou studií nepodporuje. U našeho měření došlo bez zrakové kontroly k nepatrnému zvýšení průměrné odchylky jak u experimentální, tak u kontrolní skupiny.

#### **9.4 Percepce vertikality a míra posturální stability**

Vědecká otázka č. 3 zkoumala korelaci mezi percepcí posturální vertikality a mírou posturální stability. Celá řada autorů (Kamphuis et al., 2013, pp. 1-2; Danells et al., 2004, pp. 2873–2874; Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1216) uvádí, že posturální poruchy představují primární postižení u pacientů, kteří utrpěli cévní mozkovou příhodu, což vede ke ztrátě samostatnosti a vystavuje pacienty riziku pádu (Tasseel-Ponche et al., 2015, p. 328). Studie Pérennou, et al. (2014, p. 26); Yi et al. (2006, p. 372) Snowdon & Scott, (2005, pp. 165-170) poukazují ve svých studiích na souvislost mezi významnými posturálními poruchami a abnormalitami v percepci vertikality. Zároveň byla zjištěna i blízká souvislost mezi změnou percepce vertikality, pusher syndromem a ipsilaterální lateropulzí (Pérennou, et al, 2014, p. 26; Yi et al., 2006, p. 372). Lateropulze a retropulze mohou být důsledkem nakloněného interního modelu svislosti, ve frontální a sagitální rovině (Barbieri, et al., 2010, p. 52; Bergmann 2015b, pp. 953-954). Spojení percepce vertikality s posturální nestabilitou je možné najít napříč odbornou literaturou, a to dokonce i u jiných diagnóz, než je CMP. Pereira et al. (2014, pp. 60-65) například prokázal korelaci mezi vnímáním svislosti a posturální nestabilitou u pacientů s Parkinsonovou nemocí.

V této části práce jsme se snažili najít korelace mezi procentuální měrou posturální stability v různých situacích testovaných v testu SOT části EQUILIBRIUM a percepcí subjektivní posturální vertikály. Souvislost výsledků posturografického vyšetření a percepce SPV se ale nepodařilo prokázat. Z našich výsledků nevychází žádná statisticky významná korelace těchto dvou testů.

Porovnáním měření odchylky subjektivní vertikály s posturografickým vyšetřením u pacientů s CMP se zabývala studie Baggio et al. (2016, pp. 1-11). V této studii byla

porovnávána subjektivní výchylka posturální vertikály s posturografickým vyšetřením, které na rozdíl od posturografického vyšetření v našem experimentu zahrnovalo pouze čtyři situace:

- 1) oči otevřené, stabilní povrch,
- 2) zavřené oči, stabilní povrch,
- 3) oči otevřené, nestabilní povrch,
- 4) oči zavřené, nestabilní povrch.

Testování na posturografu se od našeho experimentu lišilo také tím, že pacienti byli vyšetřováni v poloze vsedě. Baggio et al. (2016, pp. 1-11) porovnávali výchylku subjektivní PV ve frontální a v sagitální rovině s rychlostí COP jako ukazatelem pro měření rovnováhy. Vytvořili model lineární regrese mezi průměrnou rychlostí v poloze vsedě a vertikálním vnímáním. Autorům se podařilo prokázat konzistentní a pozitivní korelaci mezi SPV ve frontální rovině a posturografickým vyšetřením. Nalézt tento vztah mezi SPV v sagitální rovině s posturografickým vyšetřením se této studii nepodařilo (Baggio et al., 2016, pp. 1-11).

Autory Funk et al. (2010a, pp. 298-306) byla prokázána změna v percepci vertikály v závislosti na poloze pacienta. Percepce vertikály se odlišuje ve vzpřímené poloze těla od polohy vleže. Podle autorů této studie dochází k větším odchýlkám v percepci vertikály, pokud je pacient vleže, než u vzpřímeného držení těla (Funk et al., 2010a, pp. 298-306). Přestože v této studii není porovnávána poloha vsedě s polohou ve stoje, je možné, že i mezi těmito dvěma polohami dochází ke změnám v percepci vertikály. Naše měření mohla tedy ovlivnit jiná posturální poloha během vyšetřování vertikály (sed) a posturální stability (stoj).

Studie Saj et al. (2005a, pp. 2203-2205) prokázala vliv změn polohy na modulaci odchylky subjektivní vertikály. Hodnotila vliv sedu s a bez podpěrky nohou a lehu na zádech. Z výsledků této studie je zřejmé, že snížení vlivu otolithických a somatosenzorických vlivů k jakému dochází při odebrání opěry nohou, vede ke snížení výchylky subjektivní vertikály od objektivní u pacientů s CMP. Autoři se domnívají, že snížení somatosenzorického vstupu snižuje deficit, protože somatosenzorické a vestibulární vjemy jsou zkresleny lézí, proto je vyhodnocení subjektivní vertikály chybné a při snížení vjemů se zlepšuje (Saj et al., 2005a, pp. 2203-2205).

Porucha percepce vertikality je spojována i s posturálními poruchami jako je neglect a pusher syndrom (Utz et al., 2011, pp. 68–69). Funk et al. (2010a, p. 298) poukazuje ve své studii na neglect syndrom kontralaterální k místu léze často se vyskytující u pacientů s CMP s postižením pravé hemisféry. Autoři našli i systematické odchylky vizuální a haptické vertikály u těchto pacientů, což podle nich naznačuje supramodální deficit prostorové orientace.

Utz et al. (2011, pp. 68–69) prokázal u pacientů s lézí v pravé hemisféře a levostranným neglect syndromem významnou odchylku subjektivní vizuální vertikály v sagitální rovině proti směru hodinových ručiček a ve frontální rovině směrem dozadu. Utz et al. (2011, pp. 68–69) uvádí, že zdraví jedinci a pacienti s CMP, ale bez poškození pravé hemisféry, žádné výrazné odchylky ve frontální rovině ani v sagitální rovině nevykazovali. Z těchto důvodů spojuje poruchu percepce vertikality s lézí v mozkových oblastech spojených s více vjemovou integrací a reprezentací prostoru v pravé temporo-parietální kůře. Neglect a pusher syndrom ale nebyl u pacientů v našem experimentu brán v potaz. Bylo by zajímavé do budoucna porovnávat velikost odchylky SPV u pacientů s CMP bez a s diagnostikovaným neglect případně pusher syndromem.

Vyšetření percepce subjektivní vertikality by mohlo být nápomocné při určení rizika spojeného se samostatnou vertikalizací a bipedální lokomocí, a to především rizika pádů a následných sekundárních komplikací. Porucha percepce subjektivní vertikály může být limitujícím faktorem pro následnou rehabilitaci.

## **9.5 Percepce vertikality a kvalita sensorických vjemů**

Vědecká otázka č. 4 se zabývala existencí korelace mezi mírou percepce posturální vertikality a kvalitou somatosenzorického, vestibulárního a zrakového vjemu. Současné teorie gravicepce předpokládají, že představa vertikality je založena na integraci vizuální, vestibulární a somatosenzorické informace (Saj et al., 2005a, pp. 2203-2205; Bjasch et al., 2012, p. 1; Bronstein, 1999, p. 331). Zpracování těchto informací je navíc z velké části závislé na temporo-parietální a vestibulární kůře. V důsledku toho vede snížená integrace sensorických signálů z důvodu mozkových lézí ve výše uvedených oblastech mozku k asymetrickému zpracování smyslových vjemů, což má za následek zhoršení prostorové reprezentace (Funk et al., 2010a, pp. 298-306). Číselnou hodnotu odpovídající kvalitě jednotlivých sensorických vjemů jsem dopočítala z výsledků jednotlivých testovaných situací během testu EQUILIBRIUM a porovнала tyto výsledky s odchylkou SPV. V našem experimentu se nepodařilo prokázat žádnou statisticky významnou korelaci percepce SPV s kvalitou zrakových, sensorických nebo vestibulárních vjemů.

Mozek využívá vizuální, vestibulární a somatické informace k udržení těla ve vzpřímené poloze. Vestibulární a vizuální systém by měly signalizovat změny polohy hlavy a linie očí vzhledem k vnějšímu světu, zatímco somatosenzorický systém by měl signalizovat pohyby kloubů, stejně jako změny ve svalovém napětí a kontaktní rozložení sil

mezi ploskami nohou a zemí (Day & Cole, 2002, pp. 2081-2082). Při vyhodnocení senzorických vjemů podílejících se na orientaci v prostoru je vždy přítomen aspekt určité redundance. Například, významnost vizuálního stimulu se zvyšuje, pokud se shoduje prostorově a časově se sluchovým stimulem. V případě, že časové nebo prostorové charakteristiky těchto stimulů se liší, a tyto stimuly jsou tudíž považovány za dva odlišné předměty a k jejich spojení v jeden silnější vjem v CNS nedochází. Podobné to je i u vizuálních a vestibulárních informací. Pokud se informace z těchto dvou zdrojů shodují, dochází k jejich spojení a vyhodnocení dohromady. Pokud jsou ale v rozporu, musí být jeden zvolen jako referenční. Toto je odlišné od jiných typů interakcí, například když jsou dva nebo více smyslových signálů různými způsoby použity pro získání informace, která by jinak nebyla dostupná (Mergner & Rosemeier, 1998, p. 121).

Studie Bronstein (1999, pp. 331-332) uvádí, že vnímání vertikality pravděpodobně není jednotný koncept. Různé smyslové kanály mohou zprostředkovat různé a někdy i protichůdné vjemy. Je pravděpodobné, že koexistence protichůdných zpráv o prostorovém vnímání u jedinců s lézí CNS je základem dezorientace těchto pacientů v oblasti percepce vertikality (Bronstein, 1999, pp. 331-332). Je tedy otázkou, jestli je vůbec možné spojit zhoršenou percepci vertikality se zhoršením jediného smyslového vjemu. Nebo jestli je horší percepce spojena s výraznější protichůdností přijímaných vjemů. Případně zasažením některých nervových struktur podílejících se na percepci vertikality atakou, a tedy poruchou na úrovni zpracování.

Studie Kobayashi et al. (2002, p. 327) poukazuje na vzájemné substituce jednotlivých modalit podílejících se na percepci vertikality v případě omezení jednoho ze smyslových vjemů. U této studie byly zkoumány omezení některých smyslových vjemů z důvodů zvyšujícího se věku. Takové substituce zřejmě usnadňují udržení rovnováhy a pravděpodobně jsou možné jen díky neuroplasticitě mozku, která může modelovat relativní příspěvek každého ze sbíhajících se senzorických vjemů v závislosti na změnách v aktivitě periferních senzorických vstupů. Vzhledem k tomu, že dynamika různých senzorických systémů se od sebe liší, úplná substituce jednoho smyslového vjemu jiným není možná, jsou možné pouze částečné substituce. Při úplné absenci jednoho ze smyslových vjemů dochází vždy ke změně kvality percepce vertikality (Kobayashi et al., 2002, p. 327).

Navzdory důkazům o vzájemné substituci jednotlivých vjemů (Kobayashi et al., 2002, p. 327) je z dostupné literatury zároveň zřejmé že umělým ovlivněním jednotlivých vstupů je možné narušit celkovou rovnováhu těla a vyvolat posturální reakce (Day & Cole, 2002, pp. 2081-2082). Studie například potvrzují, že posturální odezvy lze uměle generovat pohybem

vizuálního prostředí (Bronstein & Buckwell, 1997, p. 243), excitací svalových nebo kožních receptorů (Kavounoudias, Roll & Roll, 2001, p. 869), nebo změnou vestibulárního vstupu (Day & Cole, 2002, pp. 2081-2082).

Příchozí signály otolitových orgánů zprostředkovávají orientaci hlavy vzhledem ke gravitačnímu poli (Bronstein, 1999, p. 331). Dopad vestibulárního vjemu na percepci vertikály je možné nejlépe sledovat u pacientů s lézí vestibulárního aparátu. U pacientů s bilaterální vestibulární ztrátou jsou optokineticky vyvolané náklony SVV drasticky zvýšené a dochází k trvalému zvýšení váhy dynamických vizuálních podnětů pro percepci vertikály. Ukazuje se zároveň dlouhodobé zhoršení vnímání dynamické VV i u pacientů s unilaterální vestibulární ztrátou (Van Beuzekom & Van Gisbergen, 2000, p. 11).

Kobayashi et al. (2002, p. 325) zdůrazňoval ve své studii významnou roli zraku v určení vertikality, a to zejména při pohybu. Dynamická subjektivní vizuální vertikála se postupně odchyluje s věkem od objektivní vizuální vertikály ještě významněji, než je tomu u statické subjektivní vizuální vertikály. Kobayashi et al. (2002, p. 325) přikládá významné zhoršení posouzení dynamické vizuální vertikály u lidí se zvyšujícím se věkem především zhoršujícímu se zraku.

Podíl jednotlivých sensorických vstupů, které mají v centrální nervové soustavě vliv na posturální stabilitu, se mění v průběhu lidského života. Vizuální informace klesá s věkem. Podle studie Faraldo-García et al. (2012, 40 p. 674) dosahuje minima ve věku 40-49 let a může odpovídat zhoršení zraku s věkem. Proprioceptivní informace nevykazují podle této studie žádné statisticky významné změny. Vestibulární informace dosahuje maxima ve 40-49 let věku ve snaze kompenzovat snížení vizuálního vstupu a opět se snižuje v následujících desetiletích. To může být v důsledku stárnutí vestibulárního systému a obtížnosti jeho korekce (Faraldo-García et al., 2012, 40 p. 675).

Důležitosti proprioceptivních vstupů z dolních končetin odporuje studie Joassin et al. (2010, pp. 572-574), která zjišťovala schopnost percepce posturální a haptické vertikály na pacientech s kompletní paraplegií. Z jejich výsledků vyplývá, že pacienti s paraplegií mají srovnatelnou schopnost určení posturální vertikály (PV) a haptické vertikály (HV) jako kontrolní skupina pouze s větší mírou nejistoty. Autoři nepopírají velký vliv smyslových vjemů z trupu a dolních končetin ve vnímání vertikály, poukazují však na možnost výrazné kompenzace vizuální a vestibulární informace při somatosenzorickém deficitu, také upozorňují na možnost dominantního vlivu proprioceptivní informace z horního trupu a krku (Joassin et al., 2010, pp. 572-574). Barbieri et al. (2008, pp. 548-549) považují intaktní

somatosenzorické informace za zásadní pro normální vnímání PV, a to jak ve frontální, tak v sagitální rovině.

Ačkoliv se tradičně předpokládalo že extravestibulární informace o směru gravitace pochází z mechanoreceptorů kloubů, šlach, svalů a kůže Mittelstaedt (1996, p. 53) ve své studii uvedl myšlenku proprioceptorů podílejících se na gravicepci v trupu nebo přímo ve vnitřních orgánech. Vaitl et al. (2002, p. 2) později ve své studii jasně dokázal, že dalším zdrojem informací o směru gravitace jsou tlakové receptory umístěné v kardiovaskulárním systému. Autoři prokázali, že poloha těla mění náplň cévního systému trupu, především hrudní dutiny. Ve stěnách cév jsou umístěny receptory, které mají schopnost vnímat množství protékající krve prostřednictvím tlaku krve v cévním systému, a centrální nervová soustava z tohoto somatosenzorického vstupu zpracovává informaci o poloze těla. Tyto výsledky opět potvrzují, že aferentní vstupy z kardiovaskulárního systému hrají důležitou roli při vnímání polohy těla (Vaitl et al., 2002, pp. 1-2).

Studie (Bronstein, 1999, pp. 331-332; Anastasopoulos et al., 1999, pp. 382-383) naznačují, že percepci vertikály SPV a SVV by mohla ovlivňovat adaptace somatosenzorických receptorů. Asymetrický somatosenzorický vstup, ke kterému by mohlo dojít například na lůžku nebo asymetrickým nakloněním při chůzi či stoji, by mohl způsobit zkreslení SPV a SVV (Bronstein, 1999, pp. 331-332; Anastasopoulos et al., 1999, pp. 382-383). Změna somatosenzorického vstupu provedená například jednoduchým uvedením pacienta do symetrické polohy, by na základě této studie mohla pozitivně ovlivňovat snížení odchylky subjektivní vertikály od objektivní. Je potom zároveň otázkou, jestli je změna percepce subjektivní vertikály příčinou nebo důsledkem posturálních poruch.

Odchylna SPV odráží zhoršení svislé orientace těla. Hodnocení SPV probíhalo u většiny studií včetně našeho experimentu v poloze vsedě. Vnitřní reprezentace orientace těla se může lišit během sedu a stoje. Zatímco vizuální a vestibulární informace jsou závislé především na poloze hlavy v prostoru a změna mezi polohou vsedě a ve stoji je příliš neovlivní, somatosenzorické informace se v těchto polohách mohou značně lišit. Během sedu jsou k dispozici pouze somatosenzorické vjemy z trupu, ze zad, hýždí, a zadních stran nohou. Vzpřímený postoj zahrnuje i tlakové podněty z plosek a somatosenzorické informace od kloubů dolních končetin. Posouzení SPV během stoje by mohlo mít více výpovědní hodnoty pro posouzení posturálních poruch primárně ovlivňující stoj a posouzení SPV v sedě pro posturální poruchy ovlivňující sed (Bergmann, 2015b, pp. 953-954).

Rao, Nashner & Aruin (2010, p. 1934–1935) uvádí, že zatímco údaje získané z měření vsedě napomáhají pochopení klinických příznaků mrtvice, jejich využití v rehabilitaci je svým

způsobem diskutabilní, protože cílem rehabilitace je vertikalizace pacienta ze sedu do stoje, a hlavně samostatná lokomoce. Pro tento účel považují autoři měření vsedě za nedostatečně vypovídající a navrhují spíše měření ve stoji, které je ale technicky náročnější jak pro vyšetřovaného, tak pro vyšetřujícího a zatím u něj chybí dostatečné množství relevantních studií (Rao, Nashner & Aruin, 2010, p. 1934–1935)

Na výsledcích vyšetření posturální vertikály má graviceptivně-somatosenzorická informace výrazný podíl, na rozdíl od vyšetření vizuální vertikály. Pokud dochází k náklonu plošiny nebo kruhu při relativně nízké rychlosti (cca  $1,5^\circ$  za sekundu) dochází navíc k minimalizaci stimulace půlkruhových kanálků. Proto všechny podmínky z otolithického ústrojí vznikají díky náklonu v gravitačním poli, a ne díky zachycení zrychlení při náklonu plochy. U většiny studií (Bronstein 1999, p. 324, Bisdorff et al. 1996, p. 1523) se z těchto důvodů ke změření SPV používá sklopný přístroj s pohybem desky právě  $1,5^\circ$  za sekundu. V našem experimentu byla použita rychlost sklápění  $1^\circ$  za sekundu, takže k velkému ovlivnění stimulací půlkruhových kanálků by dojít nemělo.

## 9.6 Limity práce

Hlavním limitem této práce byl malý počet probandů a zároveň jejich velká diverzita. Do experimentální skupiny byly zařazeny jak pravostranné, tak levostranné léze a zároveň léze v různých povodích. Různé léze mají různé klinické příznaky a zdaleka ne u všech CMP se vyskytují poruchy percepce vertikality. Nenaplnila jsem původní záměr rozdělit pacienty podle těchto lokalizací nebo alespoň podle laterality, protože by tak vznikly příliš malé skupiny pro statistické zpracování. Nepodařilo se mi tedy potvrdit nebo vyvrátit vliv laterality na percepci vertikály ani výskyt poruch percepce vertikality u jednotlivých lokalizací. Několik autorů (Pérennou et al., 2008, pp. 2401-2402; Piscicelli et al., 2013, p. e160; Utz et al., 2011, pp. 68–69) ve svých studiích uvádějí, že poruchy v percepci posturální vertikality se objevují nejčastěji u pacientů s lézí pravé hemisféry, někdy jsou dokonce do studií přijímáni pouze pacienti s pravostrannou lézí. Utz et al. (2011, pp. 68–69) prokázal u pacientů s lézí v pravé hemisféře a levostranným neglect syndromem významnou odchylku subjektivní vizuální vertikály v sagitální rovině proti směru hodinových ručiček a ve frontální rovině směrem dozadu. Utz et al. (2011, pp. 68–69) uvádí, že zdraví jedinci a pacienti s CMP, ale bez poškození pravé hemisféry, žádné výrazné odchylky ve frontální rovině ani v sagitální rovině nevykazovali. Z těchto důvodů spojuje poruchu percepce vertikality s lézí v mozkových oblastech spojených s více vjemovou integrací a reprezentací prostoru v pravé

temporoparietální kůře. Je proto pravděpodobné že lokalizace léze at' již stranová nebo z hlediska řečiště hraje roli. Při vyšetření více pacientů nebo jejich případnému dělení již na začátku experimentu, by bylo možné více zohlednit lokalizaci léze.

Limitem práce je i to, že v testovaných skupinách vznikla genderová nerovnováha. V experimentální skupině se nacházelo 16,6 % žen a 83,3 % mužů z celkového počtu 18 lidí, mezitímco v kontrolní skupině bylo přítomno 58,8 % žen a 41,2 % mužů z celkového počtu 17 lidí. Studie Goodrich et al. (1993, p. 449) ve které byla srovnávána prostorová vizuální percepce vertikály a horizontály ve srovnání mezi muži a ženami neodhalila žádný významný rozdíl mezi oběma pohlavími. Naproti tomu Robert et al. (1993, p. 507) ve své práci poukazuje na to, že muži jsou při percepci vertikály přesnější než ženy. Meta-analýza Linn et al. (1985, p. 1479) uvádí, že existují genderové rozdíly ve způsobu percepce prostoru. Přestože se studie v tomto ohledu neshodují, je možné, že nerovnoměrné zastoupení mužů a žen v kontrolní a experimentální skupině mohlo mít na výsledky vliv.

Poruchy subjektivní vertikály bývají nejčastěji zkoumány ve smyslu narušení ve frontální rovině. I v našem experimentu byla vertikála zkoumána ve frontální rovině. Podle studií Saj et al. (2005b, pp. 590-591) a Manckoundia et al. (2007, p. 787) se projevují odchylky subjektivní vizuální vertikály nejen ve frontální rovině, ale i v sagitální rovině. Tito autoři zjistili, že pacienti s lézí pravé hemisféry vykazují významnou zadní odchylku v sagitální rovině (Saj et al., 2005b, pp. 590-591). Odchylky v sagitální rovině mají pravděpodobně stejnou klinickou důležitost jako ty ve frontální rovině, a i jejich zkoumání má svou důležitost.



## Závěr

Cílem této diplomové práce je určit míru percepce vertikality u skupiny pacientů s touto diagnózou a porovnat ji s mírou percepce vertikality u skupiny zdravých pacientů shodné věkové kategorie. Ze tří různých způsobů hodnocení subjektivní vertikality jsem ve svém experimentu hodnotila subjektivní posturální vertikálu měřenou pomocí náklonné plošiny. A posturální stabilitu pomocí posturografu, ze kterého jsme zároveň získali informace o kvalitě sensorických vjemů. Podařilo se nám experimentálně potvrdit rozdíl mezi percepcí posturální vertikality u pacientů s CMP a zdravých jedinců stejné věkové kategorie. I když průměrná odchylka subjektivní posturální vertikality u pacientů s CMP vyšla v našem experimentu menší, než se uvádí ve srovnatelných zahraničních studiích. V našem experimentu jsme zároveň zjistili, že není statisticky významný rozdíl mezi měřením percepce posturální vertikality se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly.

Oproti souvislostem uváděným v dostupné literatuře se nám v našem experimentu nepodařilo prokázat provázanost mezi percepcí posturální vertikality a posturální stabilitou. Přestože ve srovnatelných zahraničních studiích byla souvislost percepce posturální vertikality s posturální stabilitou prokázána. Náš experiment nepřinesl ani osvětlení z hlediska podílu a důležitosti jednotlivých sensorických vjemů s vertikálou spojovaných (somatesenzorický, vestibulární a zrakový vjem). Nepodařilo se nám nalézt korelaci snížené schopnosti percepce posturální vertikality se sníženou kvalitou ani jednoho s těchto sensorických vjemů. Literatura se z hlediska důležitosti těchto jednotlivých vjemů neshoduje. Podíl těchto vjemů se liší v závislosti na vnějších podmínkách i věku jednotlivce.

Prostorová orientace vzhledem ke gravitačnímu poli Země je nezbytná pro udržení vzpřímeného držení těla a k vykonávání většiny pohybových aktivit. Toto komplexní chování regulují tři různé sensorické systémy: vestibulární, vizuální a somatosenzorický (Pérennou et al., 1998, p. 77). Aferentní informace je integrována a pak zpracována v mozgovém kmeni a mozkové kůra na komplexní vjem subjektivní vertikality (Joassin et al., 2010, pp. 572-574). Posouzení abnormalit v percepci vertikality u pacientů s cévní mozkovou příhodou může být důležitým faktorem při určení míry rizika spojeného s rehabilitací pacienta. A to především při vertikalizaci. Percepce vertikality je důležitým faktorem při utváření představy o orientaci vlastního těla v prostoru a posouzení správného směru gravitace. Což je klíčové právě pro vertikalizaci a od ní se odvíjející bipedální lokomoci (Bonan et al., 2007, p. 3552-3563). Zhoršená stabilita, která je významným rizikovým faktorem pádů, je v mnoha studiích

(Baggio et al., 2016, pp. 7-9; Pérennou, et al., 2014, p. 26; Yi et al., 2006, p. 372; Snowdon & Scott, 2005, pp. 165-170) spojována právě s abnormalitami v percepci vertikality. I když v mé práci se toto spojení nepodařilo potvrdit.

Vertikální pozice je základem pro většinu pohybových aktivit v životě člověka. Zachovaná nebo obnovená percepcie vertikály je důležitým faktorem pro návrat pacientů po CMP do běžného života. Z mé práce je zřejmé, že se poruchy percepcie vertikály u pacientů po CMP vyskytují, ale zdaleka ne generalizovaně. Někteří pacienti mají tuto poruchu vyjádřenou významně, někteří vůbec ne. V literatuře lze nalézt množství studií, které se zabývají lateralizací nebo povodím CMP, které tuto poruchu způsobují a které ne. Stále je ale poměrně málo literatury, která by se zabývala terapeutickým přístupem k pacientům s poruchou percepcie vertikály a objektivizací těchto přístupů. V budoucnu by bylo možné se zaměřit právě na klinický dopad poruchy percepcie vertikály na pacienta a případnou terapii, kterou je možné tento problém ovlivnit.

## Referenční seznam

- ALFEELI A. K., ALGHUNAIM S. M., BAQER A. B., SHEHAB D. K. & AHMED M. M. 2013. Postural Stability and Balance Training Program in Hemiparetic Stroke Patients. *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2013, vol. 6, no. 3, p. 251-254. ISSN 18575773.
- ANASTASOPOULOS D., BRONSTEIN A., HASLWANTER T., FETTER D. & DICHGANS A. 1999. The Role of Somatosensory Input for the Perception of Verticality. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1999, vol. 871, p. 379-383. ISSN 0077-8923.
- APPELLE S. 1972. Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: The "oblique effect" in man and animals. *Psychological Bulletin*. 1972, vol. 78, no. 4, p. 266-278. ISSN 0033-2909.
- BAGGIO J. A. O., MAZIN S. C., ALESSIO-ALVES F., BARROS G. C., CARNEIRO A. O., LEITE J. P., PONTES-NETO O. M. & SANTOS-PONTELLI E. G. 2016. Verticality Perceptions Associate with Postural Control and Functionality in Stroke Patients. *PLoS one*. 2016, vol. 11, no. 3, p. e0150754. ISSN 1932-6203.
- BARBIERI G., GISSOT A. S., FOUQUE F., CASILLAS J. M., POZZO T. & PÉRENNOU D. 2008. Does proprioception contribute to the sense of verticality? *Experimental Brain Research*. 2008, vol. 185, no. 4, p. 545-552. ISSN 0014-4819.
- BARBIERI G., GISSOT A. S., PÉRENNOU D., KELLER I., KERKHOFF G. & SCHAADT A. K. 2010. Ageing of the postural vertical. *Age*. 2010, vol. 32, no. 1, p. 51-60. ISSN 0161-9152.
- BARRA J., CHAUVINEAU V., OHLMANN T., GRETTY M. & PÉRENNOU D. 2007. Perception of longitudinal body axis in patients with stroke: a pilot study. *Journal of Neurology, Neurosurgery*. 2007, vol. 78, no. 1, p. 545-552. ISSN 0022-3050.
- BARRA J., BENAÏM C., CHAUVINEAU V., OHLMANN T., GRETTY M. & PÉRENNOU D. 2008. Are Rotations in Perceived Visual Vertical and Body Axis After Stroke Caused by the Same Mechanism? *Stroke*. 2008, vol. 39, no. 11, p. 3099-3101. ISSN 0039-2499.
- BARRA J., OUJAMAA L., CHAUVINEAU V., ROUGIER P. & PÉRENNOU D. 2009. Asymmetric standing posture after stroke is related to a biased egocentric coordinate system. *Neurology*. 2009, vol. 72, no. 18, p. 1582-1587. ISSN 0028-3878.
- BARRA J., MARQUER A., JOASSIN R., REYMOND C., METGE L., CHAUVINEAU V. & PÉRENNOU D. 2010. Humans use internal models to construct and update a sense of verticality: a pilot study. *Brain*. 2010, vol. 133, no. 12, p. 3552-3563. ISSN 0006-8950.
- BARRA J., PÉRENNOU D., THILO K. V., GRETTY M. A., BRONSTEIN A. M. & PÉRENNOU D. 2012. The awareness of body orientation modulates the perception of visual vertical: Anatomy and clinical correlates for visual vertical. *Neuropsychologia*. 2012, vol. 50, no. 10, p. 2492-2498. ISSN 00283932.
- BARROS DE OLIVEIRA C., TORRES DE MEDEIROS I. R., FROTA N. A. F., GRETERS M. E., CONFORTO A. B. & KERKHOFF G. 2008. Balance control in hemiparetic stroke patients: Main

tools for evaluation. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2008, vol. 45, no. 8, p. 1215-1226. ISSN 0748-7711.

BERGMANN J., KREWER C., RIEß K., MÜLLER F., KOENIG E. & JAHN K. 2014. Inconsistent classification of pusher behaviour in stroke patients: a direct comparison of the Scale for Contraversive Pushing and the Burke Lateropulsion Scale. *Clinical rehabilitation*. 2014, vol. 28, no. 7, p. 696-703. ISBN 10.1177/0269215513517726.

BERGMANN J., KREWER C., SELGE Ch., MÜLLER F., JAHN K., PONTES-NETO O. M., SANTOS-PONTELLI T. E. G. & PAUL F. 2015a. The Subjective Postural Vertical Determined in Patients with Pusher Behavior During Standing: A clinical study. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2015a, vol. 23, no. 3, p. 184-190. ISSN 1074-9357.

BERGMANN J., KREUZPOINTNER M., KREWER C., BARDINS S., SCHEPERMANN A., KOENIG E., MÜLLER F. & JAHN K. 2015b. The subjective postural vertical in standing: Reliability and normative data for healthy subjects. *Attention, Perception*. 2015b, vol. 77, no. 3, p. 953-960. ISSN 1943-3921.

BISDORFF A. R., WOLSLEY C. J., ANASTASOPOULOS D., BRONSTEIN A. M. & GREY M. A. 1996. The Perception of body verticality (subjective postural vertical) in peripheral and central vestibular disorders. *Brain*. 1996, vol. 119, no. 5, p. 1523-1534. ISSN 0006-8950.

BJASCH D., BOCKISCH Ch. J., STRAUMANN D., TARNUTZER A. & BARTON S. J. J. 2012. Differential Effects of Visual Feedback on Subjective Visual Vertical Accuracy and Precision. *PLoS ONE*. 2012, vol. 7, no. 11, p. e49311 (1-11). ISSN 1932-6203.

BONAN I. V., LEMAN M. C., LEGARGASSON J. F., GUICHARD J. P. & YELNIK A. P. 2006a. Evolution of Subjective Visual Vertical Perturbation After Stroke: A clinical study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2006a, vol. 20, no. 4, p. 484-491. ISSN 1545-9683.

BONAN I. V., GUETTARD E., LEMAN M. C., COLLE F. M. & YELNIK A. P. 2006b. Subjective Visual Vertical Perception Relates to Balance in Acute Stroke: A systematic review of methodological approaches and suggestions for standardization. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006b, vol. 87, no. 5, p. 642-646. ISSN 00039993.

BONAN I. V., HUBEAUX K., GELLEZ-LEMAN M. C., GUICHARD J. P., VICAUT E., YELNIK A. P. & PÉRENNOU D. 2007. Influence of subjective visual vertical misperception on balance recovery after stroke: a pilot study. *Journal of Neurology, Neurosurgery*. 2007, vol. 78, no. 1, p. 3552-3563. ISSN 0022-3050.

BONAN I., CHOCHINA L., MOULINET-RAILLON A., LEBLONG E., JAMAL K. & CHALLOIS-LEPLAIDEUR S. 2015. Effect of sensorial stimulations on postural disturbances related to spatial cognition disorders after stroke. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2015, vol. 45, no. 4-5, p. 297-303. ISSN 09877053.

BRAEM B., HONORÉ J., ROUSSEAUX M., SAJ A. & COELLO Y. 2014. Integration of visual and haptic informations in the perception of the vertical in young and old healthy adults and right brain-damaged patients. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2014, vol. 44, no 1, p. 41-48. ISSN 09877053.

BRINGOUX L., SCOTTO DI CESARE C., BOREL L., MACALUSO T. & SARLEGNA F. R. 2016. Do Visual and Vestibular Inputs Compensate for Somatosensory Loss in the Perception of Spatial Orientation? Insights from a Deafferented Patient. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016, vol. 10, no. 6, p. 1-10. ISSN 1662-5161.

BRONSTEIN A. M. & BUCKWELL D. 1997. Automatic control of postural sway by visual motion parallax. *Experimental Brain Research*. 1997, vol. 113, no. 2, pp. 243-248. ISSN 0014-4819.

BRONSTEIN A. M. 1999. The Interaction of Otolith and Proprioceptive Information in the Perception of Verticality: The Effects of Labyrinthine and CNS Disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1999, vol. 871, no. 1, pp. 324-333. ISSN 0077-8923.

BRONSTEIN A. M., PÉRENNOU D. A., GUERRAZ M., PLAYFORD D & RUDGE P. 2003. Dissociation of visual and haptic vertical in two patients with vestibular nuclear lesions. *Neurology*, 2003; vol. 61, no. 9, p. 1260-1262. ISSN 0028-3878.

BRUTHANS J. 2009. Epidemiologie a prognóza cévních mozkových příhod. *Remedia*, 2009, roč. 19, č. 2, s. 128-131. ISSN: 0862-8947.

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-140-2.

DANELLS C. J., BLACK S. E., GLADSTONE D. J. & MCILROY W. E. 2004. Poststroke "Pushing": Natural History and Relationship to Motor and Functional Recovery. *Stroke*. 2004, vol. 35, no. 12, p. 2873-2878. ISSN 0039-2499.

DAY B. L. & COLE J. 2002. Vestibular-evoked postural responses in the absence of somatosensory information. *Brain*. 2002, vol. 125, no. 9, p. 2081-2088. ISSN 14602156.

DE KAM J. F., KAMPHUIS D., WEERDESTEYN A. C. H. & GEURTS V. D. 2017. The effect of weight-bearing asymmetry on dynamic postural stability in people with chronic stroke. *Stroke Research and Treatment*. 2013, vol. 53, p. 5–10. ISSN 2090-8105.

ESPARZA D. Y., ARCHAMBAULT P. S., WINSTEIN C. J. & LEVIN M. F. 2003. Hemispheric specialization in the co-ordination of arm and trunk movements during pointing in patients with unilateral brain damage: dissociation between apraxic errors and postural instability. *Experimental Brain Research*. 2003, vol. 148, no. 4, p. 488-497. ISSN 0014-4819.

FARALDO-GARCÍA A., SANTOS-PÉREZ S., CRUJEIRAS-CASAS R., LABELLA-CABALLERO T. & SOTO-VARELA A. 2012. Influence of age and gender in the sensory analysis of balance control. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2012, vol. 269, no. 2, p. 637–677. ISSN 0937-4477.

FARALLI M., LONGARI F., RICCI G., IBBA M. C. & FRENGUELLI A. 2009. Influence of extero- and proprioceptive afferents of the plantar surface in determining subjective visual vertical in patients with unilateral vestibular dysfunction. *Acta otorhinolaryngologica Italica*. 2009, vol. 29, no. 5, p. 245-250. ISSN 1827-675X.

FIORI F., CANDIDI M., ACCIARINO A., DAVID N. & AGLIOTI S. M. 2015. The right temporoparietal junction plays a causal role in maintaining the internal representation of verticality. *Journal of Neurophysiology*. 2015, vol. 114, no. 5, p. 2983–2990. ISSN 0022-3077.

- FUNK J., FINKE K., MÜLLER H. J., PREGER R. & KERKHOFF G. 2010a. Systematic biases in the tactile perception of the subjective vertical in patients with unilateral neglect and the influence of upright vs. supine posture. *Neuropsychologia*. 2010a, vol. 48, no. 1, p. 298-308. ISSN 00283932.
- FUNK J., FINKE K., MÜLLER H. J., UTZ K. S. & KERKHOFF G. 2010b. Effects of lateral head inclination on multimodal spatial orientation judgments in neglect: Evidence for impaired spatial orientation constancy. *Neuropsychologia*. 2010b, vol. 48, no. 6, p. 1-11. ISSN 00283932.
- FUNK J., FINKE K., MÜLLER H. J., UTZ K. S., KERKHOFF G. & CAMPOS J. 2011. Visual context modulates the subjective vertical in neglect: evidence for an increased rod-and-frame-effect. *Neuroscience*. 2011, vol. 173, no. 3, p. 124-134. ISSN 03064522.
- GALATI G., COMMITTERI G., SANES J. N., PIZZAMIGLIO L. & KERKHOFF G. 2006. Spatial coding of visual and somatic sensory information in body-centred coordinates: Effect of galvanic vestibular stimulation. *Neuropsychologia*. 2006, vol. 44, no. 8, p. 1509-1512. ISSN 00283932.
- GOODRICH G. A., DAMIN P. B., ASCIONE F. R., THOMPSON T. M. & KERKHOFF G. 1993. Gender Differences in Piagetian Visual-Spatial Representation of Verticality and Horizontality: Evidence for impaired spatial orientation constancy. *The Journal of Genetic Psychology*. 1993, vol. 154, no. 4, p. 449-458. ISSN 0022-1325.
- GRACE GAERLAN M., ALPERT P. T., CROSS Ch., LOUIS M. & KOWALSKI S. 2012. Postural balance in young adults: The role of visual, vestibular and somatosensory systems. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*. 2012, vol. 24, no. 6, p. 375-381. ISSN 10412972.
- HONG S. H., PARK S. G. Y., ROUGIER P. & PÉRENNOU D. 2013. The Effects of Visual and Haptic Vertical Stimulation on Standing Balance in Stroke Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2013, vol. 37, no. 6, p. 862-870. ISSN 2234-0645.
- HORAK F. B., AMBLARD B., LEBLOND C. & PÉLISSIER J. 2006. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*. 2006, vol. 35, no. S2, p. ii7-ii11. ISSN 0002-0729.
- IOFFE M. E., CHERNIKOVA L. A., UMAROVA R. M., KATSUBA N. A. & KULIKOV M. A. 2010. Learning postural tasks in hemiparetic patients with lesions of left versus right hemisphere. *Experimental Brain Research*. 2010, vol. 201, no. 4, p. 753-761. ISSN 0014-4819.
- JAEGER M., DUPIERRIX E., PISCICELLI C., CHRISPIN A., DAVOINE P. & PÉRENNOU D. 2016. What is the relation between unilateral spatial neglect and verticality perception biases after stroke? evidence from stroke patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2016, vol. 59, no. 3 p. e70. ISSN 18770657.
- JAHN K., MÜLLER F., KOENIG E., KREWER C., TILLMANN S. & BERGMANN J. 2017. Rehabilitation of verticality perception using a new training method: Evidence for impaired spatial orientation constancy. *Journal of Neurology*. 2017, vol. -, no. -, p. 1-2 ISSN 0340-5354.
- JOASSIN R., BONNIAUD V., BARRA J., MARQUER A. & PÉRENNOU D. 2010. Somaesthetic perception of the vertical in spinal cord injured patients: A clinical study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2010, vol. 53, no. 9, p. 568-574. ISSN 18770657.

KAMPHUIS J. F., DE KAM D., GEURTS A. C. H. & WEERDESTEYN V. 2013. Is Weight-Bearing Asymmetry Associated with Postural Instability after Stroke? A Systematic Review. *Stroke Research and Treatment*. 2013, vol. 2013, p. 1-13. ISSN 2090-8105.

KAŇOVSKÝ, Petr, HERZIG Roman et al. *Speciální neurologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1664-9.

KARNATH H. O. 1997. Spatial orientation and the representation of space with parietal lobe lesions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 1997, vol. 352, no. 1360, p. 1411-1419. ISSN 0962-8436.

KARNATH H.O., FERBER S. & DICHGANS J. 2000. The origin of contraversive pushing: Evidence for a second graviceptive system in humans. *Neurology*. 2000, vol. 55, no. 9, p. 1298-1304. ISSN 0028-3878.

KARNATH H. O. & BROETZ D. 2003. Understanding and treating "pusher syndrome." *Physical therapy*. 2003, vol. 83, no. 12, p. 1119-25. ISSN 0031-9023.

KARNATH H. O., BONNIAUD V., BARRA J., MARQUER A. & PÉRENNOU D. 2007. Pusher Syndrome – a frequent but little-known disturbance of body orientation perception: A clinical study. *Journal of Neurology*. 2007, vol. 254, no. 4, p. 415-424. ISSN 0340-5354.

KAVOUNOUDIAS A., ROLL R. & ROLL J. P. 2001. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *The Journal of Physiology*. 2001, vol. 532, no. 3, p. 869-878. ISSN 00223751.

KOBAYASHI H., HAYASHI Y., HIGASHINO K., SAITO A., KUNIHIRO T., KANZAKI J. & GOTO F. 2002. Dynamic and static subjective visual vertical with aging. *Auris Nasus Larynx*. 2002, vol. 29, no. 4, p. 325-328. ISSN 03858146.

KOLÁŘOVÁ, Barbora, MARKOVÁ, Martina, STACHO, Jiří & SZMEKOVÁ, Lucie. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci – možnosti vyšetření a terapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4266-2.

KREWER C., RIEß K., BERGMANN J., MÜLLER F., JAHN K., KOENIG E. & BRONSTEIN A. M. 2013. Immediate effectiveness of single-session therapeutic interventions in pusher behaviour: A pilot study. *Gait*. 2013, vol. 37, no. 2, p. 246-250. ISSN 09666362.

LAUFER Y., SIVAN D., SCHWARZMANN R. & SPRECHER E. 2003. Standing Balance and Functional Recovery of Patients with Right and Left Hemiparesis in the Early Stages of Rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2003, vol. 17, no. 4, p. 207-213. ISSN 1545-9683.

LINN M. C., PETERSEN A. C., KOENIG E., KREWER C., TILLMANN S. & BERGMANN J. 1985. Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*. 1985, vol. 56, no. 6, p. 1479. ISSN 00093920.

LORINCZ E. N. & HESS B. J. M. 2008. Dynamic Effects on the Subjective Visual Vertical After Roll Rotation. *Journal of Neurophysiology*. 2008, vol. 100, no. 2, p. 657-669. ISSN 0022-3077.

- MANCKOUNDIA P., MOUREY F., PFITZENMEYER P., HOECKE J. & PÉRENNOU D., Is backward disequilibrium in the elderly caused by an abnormal perception of verticality? A pilot study. *Clinical Neurophysiology*. 2007, vol. 118, no. 4, p. 786-793. ISSN 13882457.
- MANSFIELD A., FRASER L., RAJACHANDRAKUMAR R., DANELLS C. J., KNORR S. & CAMPOS J. 2015. Is perception of vertical impaired in individuals with chronic stroke with a history of 'pushing'? *Neuroscience Letters*. 2015, vol. 590, no. 6, p. 172-177. ISSN 03043940.
- MARIGOLD D. S., ENG J. J. & HASLWANTER T. 2006. The relationship of asymmetric weight-bearing with postural sway and visual reliance in stroke. *Gait*. 2006, vol. 23, no. 2, p. 249-255. ISSN 09666362.
- MARQUER A., REYMOND C., BARRA J. & PÉRENNOU D. 2011. Vertical perception after stroke: Anatomy and clinical correlates for visual vertical. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2011, vol. 54, p. e139. ISSN 18770657.
- MASSION J. 1998. Postural Control Systems in Developmental Perspective. *Neuroscience*. 1998, vol. 22, no. 4, p. 465-472. ISSN 01497634.
- MAZIBRADA G., TARIQ S., PÉRENNOU D., GREY M., GREENWOOD R. & BRONSTEIN A. M. 2008. The peripheral nervous system and the perception of verticality: A systematic review of methodological approaches and suggestions for standardization. *Gait*. 2008, vol. 27, no. 2, p. 202-208. ISSN 09666362.
- MERGNER T. & ROSEMEIER T. 1998. Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions—a conceptual model. *Brain Research Reviews*. 1998, vol. 28, no. 1-2, p. 118-135. ISSN 01650173.
- MITTELSTAEDT H. 1996. Somatic graviception. *Biological Psychology*. 1996, vol. 42, no. 1-2, p. 53-74. ISSN 03010511.
- MITTELSTAEDT H. 1999. The Role of the Otoliths in Perception of the Vertical and in Path Integration. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1999, vol. 871, p. 334-344. ISSN 0077-8923.
- PEREIRA C. B., KANASHIRO K. A., MAIA F. M. & BARBOSA E. R. 2014. Correlation of impaired subjective visual vertical and postural instability in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*. 2014, vol. 346, no. 1-2, p. 60-65. ISSN 0022510x.
- PÉRENNOU D., AMBLARD B., LEBLOND C. & PÉLISSIER J. 1998. Biased postural vertical in humans with hemispheric cerebral lesions. *Neuroscience Letters*. 1998, vol. 252, no. 2, p. 75-78. ISSN 03043940.
- PÉRENNOU D., LEBLOND A. C., AMBLARD B., MICALLEF J. P., ROUGET E. & PÉLISSIER J. 2000. The polymodal sensory cortex is crucial for controlling lateral postural stability: evidence from stroke patients. *Brain Research Bulletin*. 2000, vol. 53, no. 3, p. 359-365. ISSN 03619230.
- PÉRENNOU D., AMBLARD B., LAASSEL E. M., BENAÏM Ch., HÉRISSON Ch., PÉLISSIER J. & BRONSTEIN A. M. 2002. Understanding the pusher behavior of some stroke patients with spatial



deficits: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002, vol. 83, no. 4, p. 570-575. ISSN 00039993.

PÉRENNOU D., MAZIBRADA G., CHAUVINEAU V., GREENWOOD R., ROTHWELL J., GREYSTY M. A. & BRONSTEIN A. M. 2008. Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship? *Brain*. 2008, vol. 131, no. 9, p. 2401-2413. ISSN 0006-8950.

PÉRENNOU D., PISCICELLI C., BARBIERI G., JAEGER M., MARQUER A. & BARRA J. 2014. Measuring verticality perception after stroke: Why and how? *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2014, vol. 44, no. 1, p. 25-32. ISSN 0987-7053.

PISCICELLI C., BARRA J., BENAÏM C., DETANTE O., LOPEZ C. & PÉRENNOU D. 2013. Neural bases of the visual vertical after hemispheric stroke. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013, vol. 56, p. e160. ISSN 18770657.

PISCICELLI C., NADEAU S., BARRA J. & PÉRENNOU D. 2015. Assessing the visual vertical: how many trials are required? *BMC Neurology*. 2015, vol. 15, no. 1, p. 1-5. ISSN 1471-2377.

PISCICELLI C., PÉRENNOU D., SANES J. N., PIZZAMIGLIO L. & KERKHOFF G. 2016. Visual verticality perception after stroke: A systematic review of methodological approaches and suggestions for standardization. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2016, vol. 59, no. 4, p. e68. ISSN 18770657.

PUNT T. D. & RIDDOCH M. J. 2002. Towards a theoretical understanding of pushing behaviour in stroke patients. *Neuropsychological Rehabilitation*. 2002, vol. 12, no. 5, p. 455-472. ISSN 0960-2011.

RAO N., NASHNER L. & ARUIN A. S. 2010. Perceived body position in standing individuals with recent stroke. *Clinical Neurophysiology*. 2010, vol. 121, no. 11, p. 1934-1938. ISSN 13882457.

ROBERT M., MORIN P., BERNARDINI B., TARNUTZER A. & KERKHOFF G. 1993. Gender differences in horizontality and verticality representation in relation to initial position of the stimuli: Evidence for impaired spatial orientation constancy. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*. 1993, vol. 47, no. 3, p. 507-522. ISSN 1878-7290.

ROUSSEAUX M., HONORE J., VUILLEUMIER P., SAJ A., VICAUT E. & YELNIK A. P. 2013. Neuroanatomy of space, body, and posture perception in patients with right hemisphere stroke. *Neurology*. 2013, vol. 81, no. 15, p. 1291-1297. ISSN 0028-3878.

ROUSSEAUX M., HONORÉ J. & SAJ A. 2014. Body representations and brain damage. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2014, vol. 44, no. 1, p. 59-67. ISSN 09877053.

SAEYS W., VEREECK L., BEDEER A., LAFOSSE Ch., TRUIJEN S., WUYTS F. L. & VAN DE HEYNING P. 2010. Suppression of the E-effect during the subjective visual and postural vertical test in healthy subjects. *European Journal of Applied Physiology*. 2010, vol. 109, no. 2, p. 297-305. ISSN 1439-6319.

SAJ A., HONORE J., DAVROUX J., COELLO Y. & ROUSSEAUX M. 2005a. Effect of Posture on the Perception of Verticality in Neglect Patients. *Stroke*. 2005a, vol. 36, no. 10, p. 2203-2205. ISSN 0039-2499.

- SAJ A., HONORE J., BERNATI T., COELLO Y. & ROUSSEAUX M. 2005b. Subjective Visual Vertical in Pitch and Roll in Right Hemispheric Stroke. *Stroke*. 2005b, vol. 36, no 3, p. 588-591. ISSN 0039-2499.
- SAJ A, HONORE J., ROUSSEAUX M., PREGER R. & KERKHOFF G. 2006. Perception of the vertical in patients with right hemispheric lesion: Effect of galvanic vestibular stimulation. *Neuropsychologia*. 2006, vol. 44, no. 8, p. 1509-1512. ISSN 00283932.
- SAJ A., COJAN Y., MUSEL B., HONORÉ J., BOREL L. & VUILLEUMIER P. 2014. Functional neuro-anatomy of egocentric versus allocentric space representation. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2014, vol. 44, no. 1, p. 33-40. ISSN 09877053.
- SLABODA J. C. & KESHNER E. A. 2012. Reorientation to vertical modulated by combined support surface tilt and virtual visual flow in healthy elders and adults with stroke. *Journal of Neurology*. 2012, vol. 259, no. 12, pp. 2664-2672. ISSN 0340-5354.
- SNOWDON N. & SCOTT O. 2005. Perception of vertical and postural control following stroke: a clinical study. *Physiotherapy*. 2005, vol. 91, no. 3, p. 165-170. ISSN 00319406.
- SCHULER J. R, BOCKISCH Ch. J, STRAUMANN D., TARNUTZER A. & KERKHOFF G. 2010. Precision and accuracy of the subjective haptic vertical in the roll plane: Evidence for impaired spatial orientation constancy. *BMC Neuroscience*. 2010, vol. 11, no. 1, p. 83-92. ISSN 1471-2202.
- SPINAZZOLA L., CUBELLI R. & SALA S. D. 2003. Impairments of trunk movements following left or right hemisphere lesions: dissociation between apraxic errors and postural instability. *Brain*, 2003, vol. 126, no. 12, pp. 2656-2666. ISSN 1460-2156.
- TARNUTZER A., BOCKISCH A. C., STRAUMANN D. & OLASAGASTI I. 2009. Gravity Dependence of Subjective Visual Vertical Variability. *Journal of Neurophysiology*. 2009, vol. 102, no. 3, p. 1657-1671. ISSN 0022-3077.
- TASSEEL-PONCHE S., YELNIK A. P., BONAN I. V., PIZZAMIGLIO L. & KERKHOFF G. 2015. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke: A systematic review of methodological approaches and suggestions for standardization. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2015, vol. 45, no. 4-5, p. 327-333. ISSN 09877053.
- UTZ K. S., KELLER I., ARTINGER F., STUMPF O., FUNK J. & KERKHOFF G. 2011. Multimodal and multispatial deficits of verticality perception in hemispatial neglect. *Neuroscience*. 2011, vol. 188, p. 68-79. ISSN 03064522.
- VAITL D., MITTELSTAEDT H., SABOROWSKI R., STARK R. & BAISCH F. 2002. Shifts in blood volume alter the perception of posture: further evidence for somatic graviception. *International Journal of Psychophysiology*. 2002, vol. 44, no. 1, p. 1-11. ISSN 01678760.
- VALLAR G., RUSCONI M. L, BERNARDINI B., TARNUTZER A. & KERKHOFF G. 1996. Modulation of neglect hemianesthesia by transcutaneous electrical stimulation: Evidence for impaired spatial orientation constancy. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 1996, vol. 2, no. 05, p 452-459. ISSN 1355-6177.

- VALLAR G., HAYASHI Y., HIGASHINO K., SAITO A., KUNIHIRO T., KANZAKI J. & GOTO F. 1997. Spatial frames of reference and somatosensory processing: a neuropsychological perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 1997, vol. 352, no. 1360, p. 1401-1409. ISSN 0962-8436.
- VAN BEUZEKOM A. D. & VAN GISBERGEN J. A. M. 2000. Properties of the Internal Representation of Gravity Inferred From Spatial-Direction and Body-Tilt Estimates, *Journal of Neurophysiology*, 2000, vol. 84, no. 1, p. 11-27. ISSN 1522-1598.
- VERHEYDEN G., RUESEN C., GORISSEN M., BRUMBY V., MORAN R., BURNETT M. & ASHBURN A. 2014. Postural Alignment Is Altered in People With Chronic Stroke and Related to Motor and Functional Performance. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2014, vol. 38, no. 4, p. 239-245. ISSN 1557-0576.
- VINGERHOETS R. A. A., VAN GISBERGEN J. A. M., MEDENDORP W. P., OLASAGASTI I., MEURIN F. A., GUICHARD J. P. & VICAUT E. 2007. Verticality Perception During Off-Vertical Axis Rotation. *Journal of Neurophysiology*. 2007, vol. 97, no. 5, p. 3256-3268. ISSN 0022-3077.
- VOLCIC R. & KAPPERS A. M. L. 2008. Allocentric and egocentric reference frames in the processing of three-dimensional haptic space. *Experimental Brain Research*. 2008, vol. 188, no. 2, p. 199-213. ISSN 0014-4819.
- VOLKENING K., BERGMANN J., KELLER I., WUEHR M., MÜLLER F. & JAHN K. 2014. Verticality perception during and after galvanic vestibular stimulation. *Neuroscience Letters*. 2014, vol. 581, no. 3, p. 75–79. ISSN 0304-3940.
- YELNIK A. P., LEBRETON F. O., BONAN I. V., COLLE F. M. C., MEURIN F. A., GUICHARD J. P. & VICAUT E. 2002. Perception of Verticality After Recent Cerebral Hemispheric Stroke. *Stroke*. 2002, vol. 33, no. 9, p. 2247-2253. ISSN 0039-2499.
- YI H. A., KIM H. A., LEE H. & BALOH R.W. 2006. Body lateropulsion as an isolated or predominant symptom of a pontine infarction. *Journal of Neurology, Neurosurgery*. 2006, vol. 78, no. 4, p. 372-374. ISSN 0022-3050.

## Seznam zkratek

CNS – centrální nervová soustava

CMP – cévní mozková příhoda

VV – vizuální vertikála

PV – posturální vertikály

HV – haptická vertikála

SPV – subjektivní posturální vertikála

SVV – subjektivní vizuální vertikála

BLS – Burke Lateropulsion Scale

COP – (Center of pressure) vážený průměr všech tlaků působících na podložku

COG – (Center of gravity)

TENS – transkutánní elektrické nervové stimulační

fMRI – funkční magnetická rezonance

SOT – Sensory Organization Test

TIA – tranzitorní ischemická ataka

ACM – arteria cerebri media

VB – vertebrobazilární povodí

BMI – index tělesné hmotnosti

ES – experimentální skupina

KS – kontrolní skupina

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> – Zjednodušené schéma interakce mnoha fyziologických systémů používaných pro udržení rovnováhy a posturální kontroly (Upraveno dle Barros de Oliveira, 2008, p. 1216) .....	16
<b>Obrázek 2</b> – Změna držení a vnímání těla u pacientů s neglect syndromem. Dochází ke vzniku ipsilaterální boční odchylky a zároveň kontralaterální rotace dlouhé osy těla (Rousseaux, Honoré & Saj, 2014, p. 64).....	21
<b>Obrázek 3</b> – Posturograf NeuroCom® Výchozí poloha pacienta na silové plošině posturografu (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1222).....	29
<b>Obrázek 4</b> – Nákres náklonné plošiny. ....	35
<b>Obrázek 5</b> – Jednotlivé situace testované Senzory Organization Testem. (Barros de Oliveira et al., 2008, p. 1223).....	36
<b>Obrázek 6</b> – světelný bod pro zafixování pohledu probandů během první části experimentu na náklonné plošině. ....	40
<b>Obrázek 7</b> – Maximální náklon plošiny s pacientem. ....	41
<b>Obrázek 8</b> – Krabicový graf odchylek subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály s fixací světelného bodu. Experimentální skupina označena číslem 1, kontrolní skupina označena číslem 2. Odchytky subjektivních vertikál jsou uvedeny v absolutních hodnotách. ....	46
<b>Obrázek 9</b> – Krabicový graf odchylek subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly. Experimentální skupina označena číslem 1, kontrolní skupina označena číslem 2. Odchytky subjektivních vertikál jsou uvedeny v absolutních hodnotách .....	47
<b>Obrázek 10</b> – Odchytky subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou v porovnání s odchylkou bez zrakové kontroly. ....	48

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> - Rozložení kontrolní a experimentální skupiny z hlediska věku .....	43
<b>Tabulka 2</b> - Rozložení kontrolní a experimentální skupiny z hlediska BMI .....	43
<b>Tabulka 3</b> - Rozložení kontrolní a experimentální skupiny z hlediska genderu .....	43
<b>Tabulka 4</b> - Rozložení hemoragických a ischemických cévních mozkových příhod v rámci experimentální skupiny .....	44
<b>Tabulka 5</b> - Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou – popisná statistika.....	44
<b>Tabulka 6</b> - Odchylka subjektivní posturální vertikály od objektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly – popisná statistika .....	45
<b>Tabulka 7</b> - Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou (fixací světelného bodu) - Mann-Whitney U test .....	45
<b>Tabulka 8</b> - Odchylka subjektivní posturální vertikály bez zrakové kontroly - Mann-Whitney U test.....	46
<b>Tabulka 9</b> - Odchylka subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou v porovnání s odchylkou bez zrakové kontroly - Wilcoxonův párový test .....	48
<b>Tabulka 10</b> - Výsledky popisné statistiky - Sensory Organization Test - Equilibrium .....	49
<b>Tabulka 11</b> - Sensory Organization Test Equilibrium v korelaci s odchylkou subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly – Spearmanovy korelační analýzy.....	50
<b>Tabulka 12</b> - Výsledky popisné statistiky – Sensory Organization Test – Sensory Analysis.	51
<b>Tabulka 13</b> - Sensory Analysis Test v korelaci s odchylkou subjektivní posturální vertikály se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly - Spearmanovy korelační analýzy .....	51

## **Seznam příloh**

**Příloha 1** – Vzor dotazníku

**Příloha 2** – Vzor informovaného souhlasu

**Příloha 3** – Výchozí pozice pacienta na náklonné plošině.

**Příloha 4** – Pozice pacienta na plošině v maximálním náklonu.

# Přílohy

## Příloha 1 – Vzor dotazníku

### Vstupní dotazník pro vyšetření

Iniciály: .....

Základní diagnóza:

.....  
.....  
.....

Datum vyšetření: .....

Výška: .....

Váha: .....

Věk: .....

Pohlaví (nehodící se škrtněte):                      *muž*                      *žena*

Dominantní končetina (nehodící se škrtněte):      *pravá*                      *levá*

Etiologie CMP (nehodící se škrtněte):              *ischemická*              *hemoragická*

Datum vzniku CMP: .....

Hemiparesa (nehodící se škrtněte):                      *levostranná*              *pravostranná*

Je to má první CMP (nehodící se škrtněte):      *ano*  
*ne předchozí byla před ..... lety*



## Příloha 2 – Vzor informovaného souhlasu



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

**Etická komise**

Tř. Svobody 8, 771 11 Olomouc

Tel./fax: +420 585 632 858, E-mail: lenka.stloukalova@upol.cz

### **Informovaný souhlas**

pro výzkumné projekty: Percepce vertikality u pacientů po CMP a Vnímání body schema u pacientů po CMP  
období realizace: duben 2016-duben 2017

řešitelé projektu: Mgr. Jirí Stacho (hlavní řešitel projektu)  
Bc. Kateřina Dopitová (spoluřešitelka projektu)  
Bc. Veronika Šípová (spoluřešitelka projektu)

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, jehož cílem je zkoumat percepce vertikality a body schema u pacientů po cévní mozkové příhodě. Měření bude probíhat v klinické laboratoři fakultní nemocnice na přístroji zkonstruovanému právě k tomu to testu. Budete posazeni na židli umístěné na plošině sklopné o 15° od horizontály do různých stran. Zároveň bude před vás promítána úsečka. Vaším úkolem bude určit, kdy se nacházíte ve vertikále a upravit úsečku před vámi aby odpovídala svislé ose vašeho těla. Jedná se o vyšetření bezpečné a zcela bezbolestné. Všechna data budou sloužit pouze k potřebám projektu a budou ukládána zcela anonymně. Z účasti na projektu pro Vás nevyplývají žádná rizika. Navíc se můžete dozvědět více o Vašem zdravotním stavu. Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

#### **Prohlášení**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží moje osoba (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

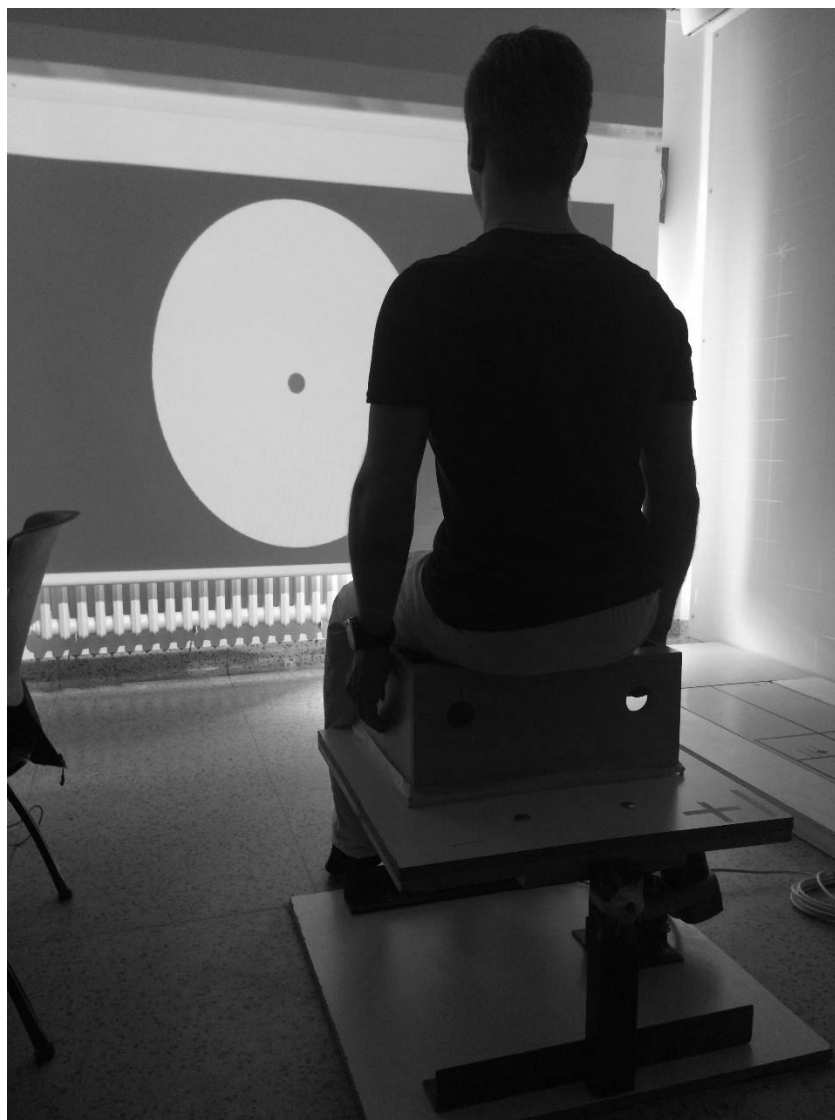
Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: \_\_\_\_\_

V \_\_\_\_\_ dne: \_\_\_\_\_

Jméno, příjmení a podpis účastníka v projektu (zákonného zástupce): \_\_\_\_\_

V \_\_\_\_\_ dne: \_\_\_\_\_

**Příloha 3 – Výchozí pozice pacienta na náklonné plošině.**



**Příloha 4** – Pozice pacienta na náklonné plošině v maximálním náklonu.

