

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

Vliv lehkého dotyku na posturální stabilitu u osob se  
zrakovým postižením

Diplomová práce

Autor: Bc. Zuzana Součková, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

Praha 2019

## Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Zuzana Součková

Název diplomové práce: Vliv lehkého dotyku na posturální stabilitu u osob se zrakovým postižením

Pracoviště: Klinika rehabilitace

Vedoucí diplomové práce: doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2019

**Abstrakt:** Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv senzorické adaptace na posturální stabilitu osob ve věku 10-20 let. Měření probíhalo ve stoji na stabilometrické plošině s vyloučením zrakové kontroly v různě obtížných posturálních situacích bez a s přidáním lehkého dotyku. Studie se zúčastnilo 10 nevidomých probandů a 10 probandů bez zrakového deficitu. Očekávali jsme, že nevidomí probandi předvedou lepší výsledky v parametrech COP než kontrolní skupina ve všech posturálních situacích díky senzorické adaptaci.

**Klíčová slova:** posturální stabilita, statická rovnováha, zrakové postižení, nevidomí, senzorická adaptace, lehký dotyk

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliografická identifikace v angličtině

Author's first name and surname: Zuzana Součková, BA.

Title of the master thesis: Influence of the light touch on postural balance of persons with visual impairment.

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: doc. PhDr. Ondřej Čákrť, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract:

The aim of the diploma thesis is to evaluate the influence of the sensory adaptation on postural balance of persons between 10 – 20 years old. The measurement of postural balance on stabilometric desc without visual control in postural situations in different difficulty with and without light touch. For this study 10 blind probands and 10 probands without visual impairment are tested. We expect that blind ones will show better results in all of tested COP parameters in all postural situations than control group because of sensory adaptation.

Keywords:

postural stability, static balance, visual impairment, blindness, sensory adaptation

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Praze dne 12. 8. 2019

.....

#### Poděkování autora

Tímto chci poděkovat doc. PhDr. Ondřejovi Čákrtovi, Ph.D. za vedení diplomové práce. Vedení kliniky rehabilitace za poskytnutí prostor pro měření na Neurologické klinice. Vedoucí vychovatelce školy Jaroslava Ježka Mgr. Petře Rybové, vedoucí vychovatelce konzervatoře a střední školy Jana Deyla Ivetě Sedláčkové a Mgr. Haně Dreslerové z organizace Okamžik za spolupráci při hledání probandů a rodičům za důvěru při průvodcovství nevidomých probandů. Další poděkování patří klinice neurologie FN Motol za spolupráci při realizaci výzkumu v rámci diplomové práce. V poslední řadě děkuji Ing. Tomášovi Kořínkovi za pomoc při statistickém zpracování dat k diplomové práci.

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK.....	8
ÚVOD.....	9
1 PŘEHLED POZNATKŮ.....	10
1.1 Definice pojmů.....	10
1.1.1 Posturální stabilita.....	10
1.1.2 Posturální kontrola.....	11
1.2 Aspekty posturální kontroly.....	12
1.2.1 Biomechanické aspekty.....	12
1.2.2 Neurální aspekty.....	14
1.3 Senzomotorický systém.....	18
1.3.1 Senzomotorická integrace, adaptace a deprivace.....	18
1.3.2 Vestibulární systém.....	20
1.3.3 Somatosenzorický systém.....	20
1.3.4 Zrakový systém.....	22
1.5 Vývoj posturální stability.....	23
1.5.1 Ontogeneze posturální stability.....	23
1.5.2 Ontogeneze nevidomých dětí.....	24
1.4 Vyšetření posturální stability u nevidomých.....	26
1.4.1 Vyšetření statické posturální stability.....	26
1.4.2 Vyšetření dynamické posturální stability.....	27
2 ZRAKOVÉ POSTIŽENÍ.....	28
2.1 Anatomie oka.....	28
2.1.1 Oční koule.....	28
2.1.2 Zraková dráha a její vývoj.....	29
2.2 Diagnostika a vyšetření zrakového postižení.....	31
2.2.1 Zraková ostrost.....	31
2.2.2 Světlocit.....	31
2.2.3 Rozsah zorného pole.....	31
2.2.4 Nitrooční tlak.....	32
2.2.5 Refrakce oka.....	32
2.2.6 Barvocit.....	32
2.3 Klasifikace zrakového postižení.....	32
2.4 Epidemiologie zrakového postižení.....	33
2.4.1 Incidence a prevalence.....	33

2.4.2	Příčiny .....	33
2.4.3	Syndromy probandů.....	33
2.5	Komunikace s nevidomým .....	35
2.5.1	Orientace v prostoru nevidomého.....	35
3	CÍLE A HYPOTÉZY .....	37
	Cíle.....	37
	Hypotézy.....	37
4	METODIKA .....	38
4.1	Soubor vybraných osob .....	38
4.2	Stabilometrické vyšetření .....	39
4.2.1	Vyšetřované posturální situace.....	40
	Popis posturálních situací .....	40
4.3	Statistická analýza.....	41
5	VÝSLEDKY .....	42
5.1	Subjektivní hodnocení obtížnosti jednotlivých posturálních situací .....	42
5.2	Hodnocení parametrů celkové dráhy COP .....	43
5.2.1	Hodnocení rozdílu mezi skupinou nevidomých probandů a kontrolní skupinou.....	45
5.2.2	Hodnocení rozdílu mezi situacemi bez a s přidáním hmatového vjemu .....	45
5.3	Hodnocení parametrů celkové rychlosti COP . <b>Chyba! Záložka není definována.</b>	
5.3.1	Hodnocení rozdílu mezi skupinou nevidomých probandů a kontrolní skupinou.....	47
5.3.2	Hodnocení mezi situacemi bez a s přidáním hmatového vjemu.....	47
5.4	Hodnocení parametrů celkové plochy COP.....	49
5.4.1	Hodnocení rozdílu mezi skupinou nevidomých probandů a kontrolní skupinou.....	49
5.4.2	Hodnocení mezi situacemi bez a s přidáním hmatového vjemu.....	49
6	DISKUZE .....	51
	ZÁVĚR .....	55
	REFERENČNÍ SEZNAM .....	56
	REFERENČNÍ SEZNAM OBRÁZKŮ .....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

## **SEZNAM ZKRATEK**

- ADI – Assistance Dogs International, Mezinárodní organizace asistenčních psů
- ANOVA – analysis of variance, analýza rozptylu
- COM – centre of mass, těžiště
- COP – centre of pressure, centrum tlaku
- CNS – centrální nervový systém
- GRF – ground reaction force, reakční síla od podložky
- MRI – magnetic resonance paging, magnetická rezonance
- NOT – nitrooční tlak
- OP - oko pravé
- OL – oko levé
- PS – parallel stance, paralelní stoj
- PSLT – parallel stance with light touch, paralelní stoj s lehkým dotykem
- PSEH - parallel stance with extension of head
- PSEHLT - parallel stance, paralelní stoj s lehkým dotykem
- PSF - parallel stance on foam surface, paralelní stoj na pěnové podložce
- PSFLT - parallel stance on foam surface with the light touch, paralelní stoj s lehkým dotykem
- PSFEH - parallel stance on foam surface with extension of head, paralelní stoj na pěnové podložce s extenzí hlavy
- PSFEHLT - parallel stance on foam surface with extension of head with the light touch, paralelní stoj na pěnové podložce s extenzí hlavy a s lehkým dotykem
- TS – tandem stance, tandemový stoj
- TSLT – tandem stance with light touch, tandemový stoj s lehkým dotykem
- ROP – retinopathy of praematurity, retinopatie nevidomých
- TS – tandem stance, tandemový stoj
- TSLT – tandem stance with light touch, tandemový stoj s lehkým dotykem
- VOR – vestibulookulární reflex



## ÚVOD

Diplomovou prací na toto téma jsem si vybrala z důvodu svého osobního zájmu práce s nevidomými dětmi skrze tyflosturistický oddíl, z.s. v Praze. Tento oddíl je neziskovou organizací, jejímž hlavním cílem je pořádat sportovní akce pro děti se zrakovým postižením a rozvíjet jejich samostatnost. Pracuje s dětmi různého věku, ale především s dětmi do věku mladé dospělosti.

Jednou z nejzajímavějších zkušeností, kterou jsem s nevidomými získala, bylo, když jsem se na letním táboře nechala na den zaklapkovat. Okamžitě se role mezi nevidomými a mnou, vidící s vyloučením zraku, vyměnily. Nevidomí mi pomáhali v prostorové orientaci, která byla velmi obtížná. Musela jsem se spoléhat na jiné smysly, což jsem ve tmě nakonec z důvodu mnoha sluchových vjemů a neschopnosti správné identifikace, nevydržela. Moje motorické funkce byly zpomalené. Tím jsem poznala, jak velkou roli hraje zrak ve všech činnostech každodenního života. Podle Lee (1980) zrak zprostředkovává informace v takových úkonech jako je stabilizace hlavy a očí, udržování rovnováhy, koordinace pohybu a prostorová orientace při lokomoci.

Při pozorování motorického chování nevidomých osob jsou patrné rozdíly. Nevidomí vykonávají mnoho nekoordinovaných neúčelných mimických pohybů, pohybů hlavou, HKK či celého těla (Klenková, 2006). Přesto dokážou mít stejné motorické schopnosti jako osoby bez zrakového postižení. Někteří dokonce vynikají v koordinačních dovednostech HKK díky senzoričné adaptaci somatosenzorického systému, která je nezbytná pro činnosti v běžném denním životě. Příkladem je orientace v prostoru pomocí bílé hole, vzdělávání se pomocí čtení Braillova písma. Mnoho z nich poté pracují manuálně.

Tyto zkušenosti a úvahy mě přiměly položit si otázku, jak nevidomé osoby dokážou udržet posturální stabilitu v porovnání s osobami bez zrakového deficitu s vyloučením zraku s přidáním somatosenzorického vstupu v podobě lehkého dotyku. Neboť adekvátní posturální kontrola je nedílnou součástí kontroly lokomoce (Bremner et Slater, 2004). Praktická část zpracovává tuto otázku v různě obtížných posturálních situacích podle standardizovaného testu změn senzoričných vstupů v paralelním a v tandemovém postoji.

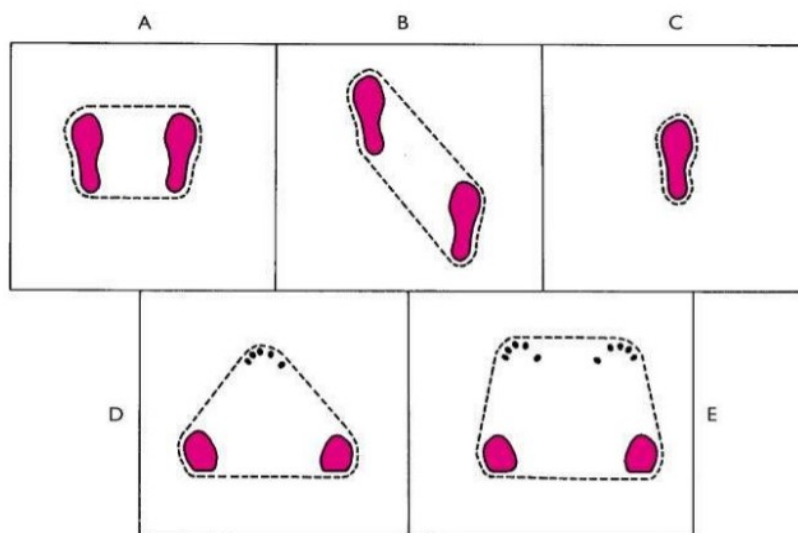
# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 Definice pojmů

### 1.1.1 Posturální stabilita

Postura je definována jako orientace tělesných segmentů v rovnovážném stavu muskuloskeletálního systému chránící opěrné struktury před zraněním nebo postupnými deformitami (AAOS, 1947). Stabilita je schopnost systému se při působení podnětu ustálit v rovnovážném stavu a po odeznění podnětu se vrátit do stavu výchozího (Watkins, 2010). Posturální stabilita je definována jako kontinuální zaujímání polohy těžiště těla v mezích opěrné báze (Shumway-Cook, 2017). Těžiště těla – centre of motion (COM) je hypotetický bod, vzhledem ke kterému je moment tíhových sil působících na jednotlivé segmenty daného tělesa roven nule (Flanagan, 2014). Je ho dosaženo díky schopnosti posturální orientace tělesných segmentů nad opěrnou bází (Kolář et al., 2009). Projekce COM je u dětí v úrovni obratle Th12 a u dospělých meziobratly L5-S1. Opěrná báze je plocha vzniklá spojením všech vnějších bodů opěrné plochy (Obrázek 1.). Limity stability představují oblast, ve které mohou jedinci pohybovat svým těžištěm těla bez ztráty posturální stability a bez změny opěrné báze. Pro jejich popis se používá model kuželu (McCollum et Leen, 1989). Zhoršení limitů stability u jedinců s poruchou pohybu vždy souvisí s nesprávnou senzomotorickou integrací (Colné et al., 2008).

**Obrázek 1.** Vztah mezi opěrnou plochou a opěrnou bází: opěrná plocha = růžová plocha, opěrná báze = přerušovaná čára (upraveno dle Gundling, 2018)

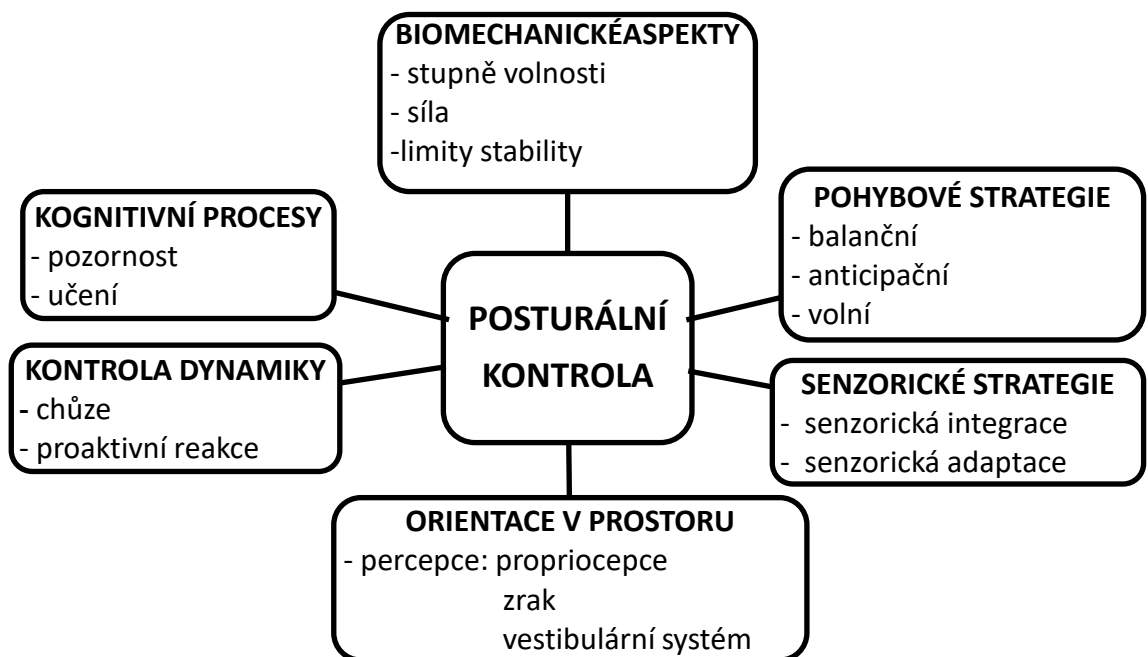


### 1.1.2 Posturální kontrola

Posturální kontrola udržuje posturální stabilitu a zajišťuje posturální orientaci (Shumway-Cook, 2017). Posturální orientace je definována jako schopnost udržet odpovídající vztahy mezi jednotlivými tělesnými segmenty a prostředím (Horak et Macpherson, 1996).

Řízení posturální stability požaduje komplexní souhru mezi muskuloskeletálním a neurálním systémem, ale ovlivňuje ji mnoho dalších aspektů (Obrázek 2.). Neurální systém představuje senzory, jejich vzájemné zpracování a schopnost adaptace. Kognitivní procesy, kterými jsou učení a pozornost. Jejich významnost s ohledem na posturální stabilitu je popsána na příkladu zvýšení reakčního času u stojících osob oproti sedícím osobám (Horak, 2006). A psychologické aspekty (Kolář, 2014). Po zpracování všech těchto aspektů je motorický program schopný kontrolovat posturální stabilitu i při přenosech polohy těžiště během jakýchkoliv pohybových aktivit či při náhlých neočekávaných změnách prostředí tak, aby nedošlo k pádu a generovat vhodné posturální strategie (Horak, 2006). Posturální strategie jsou automatické reakce sloužící ke znovunabytí a udržení posturální stability. Patří mezi ně strategie kotníková, kyčelní a kroková. Posturální strategie se v průběhu motorického vývoje kvalitativně mění v závislosti na úrovni zrání CNS, prostředí, na obtížnosti motorického úkol a na zkušenostech s danou situací (Nováková, 2012).

**Obrázek 2.** Dílčí aspekty posturální kontroly (upraveno dle Kloos et Givens, 2006)



## 1.2 Aspekty posturální kontroly

### 1.2.1 Biomechanické aspekty

Stabilita je závislá přímo úměrně na velikosti opěrné báze a hmotnosti tělesa a nepřímo úměrně na výšce těžiště tělesa (Kolář et al., 2014). Tento vztah platí pro model tuhého tělesa, kterým lidské tělo není, proto popíšeme další aspekty, které posturální stabilitu ovlivňují.

Udržování posturální stability je dynamický děj, při kterém dochází k titubacím představujícím malé neustálé výchylky těla od vertikály a jejich následné korekce, kterými jsou vystaveny všechny lidské osoby ve vzpřímeném postoji (Sheldon, 1963). Pro popis posturální stability ve vzpřímeném paralelním postoji se používá model obráceného kyvadla rotujícího okolo hlezenních kloubů (Latash, 2008). Díky titubacím se neustále mění poloha těžiště (Shumway-Cook, 2017). Míra zatížení nohy, které osciluje mezi třemi body - patou, laterálním paprskem nohy a hlavičkami I. a II. metatarsu, což ovlivňuje parametr centrum tlaku – centre of pressure (COP) (Kračmar a kol., 2016). COP popisuje působišťe reakční síly od podložky (GRF) a ovlivňuje ho charakter kontaktu těla, tedy funkční schopnost nohy s opěrnou plochou (Kolář et al., 2009). Lewit (2003) popisuje nohu jako skutečnou bázi lidského těla s bohatou proprioceptivní, exteroceptivní a nociceptivní aferencí.

Posturální stabilita závisí na kvalitě posturální stabilizace, která představuje aktivitu zpevňující segmenty těla proti působení zevních sil (Koláře et al., 2006). Je ovlivněna vlastnostmi tkání, které ji zajišťují. Ty lze rozdělit na pasivní faktory – kloubní rozsah, laxicita vazů, kloubních pouzder, disků a menisků a na aktivní faktory – kvalita posturálního tonu, síla antigravitačních a stabilizačních svalů a jejich vzájemná koordinace (Dylevský, 2007).

Mezi biomechanické vlastnosti kloubu řadíme tvar styčných ploch, který nám určí stupeň volnosti. Čím více jsou kloubní plochy přizpůsobeny, tím více je počet stupňů volnosti, maximum jsou tři – tzn. pohyby v rovině sagitální, transverzální a frontální (Rosina et al., 2006). Rozsah pohybu je navíc ovlivněn kvalitou kongruentních ploch, z tohoto důvodu též bylo vhodné zvolit probandy mladého věku, kde ještě předpokládáme minimální degenerativní změnu.

Nedostatečná funkce vaziva ovlivňuje posturální stabilitu tak, že decentruje klouby a v decentrovaném kloubu se zhoršuje propriocepce (Ferrell et al., 2004). Stabilizace jednotlivých segmentů pak musí být kompenzačně více zajišťována

svalovou kontrakcí, což po určité době může vést ke vzniku reflexních změn (Poděbradská, 2018). Reflexní změny opět zhoršují kvalitu propriocepce (Vyskotová a Macháčková, 2013). Zvýšená laxicita vaziva se projeví jako konstituční hypermobilita. Biro et al. (1984) ve své studii přišli na to, že výskyt konstituční hypermobility je vyšší u dětí. U dětí mezi 7-12 lety je 10-25% hypermobilních a to více u dívek a tento fakt platí i v dospělosti.

Posturální tonus udržují posturální svaly, jejichž funkcí je udržet tělo dlouhodobě v určité pozici. K tomu jsou uzpůsobené tak, že obsahují velké množství myoglobinu a mitochondrií, díky nimž jsou méně citlivé na hypoxii, jsou schopny delší kontrakce (10-20 sekund) a jsou méně unavitelné než svaly fázické (Poděbradská, 2018).

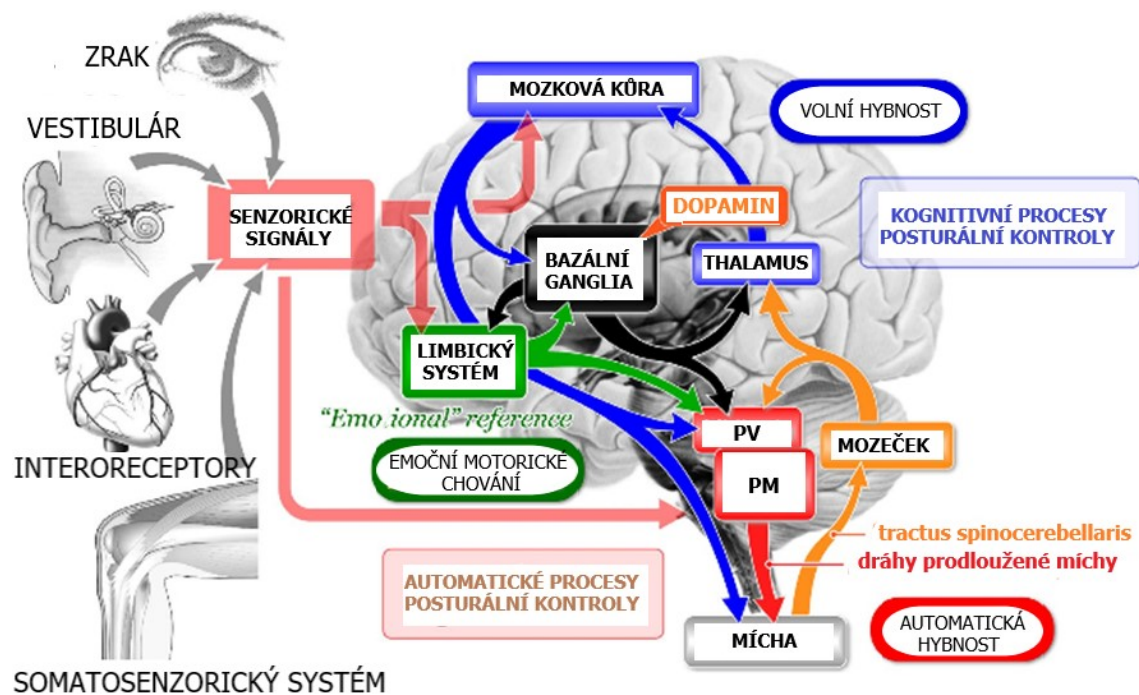
Janečka a Bláha (2013) vytvořili studii, ve které pomocí funkčních testů vyšetřovali svalovou sílu DKK, koordinaci a posturální stabilitu u nevidomých ve věkových skupinách 7 – 16 let. Bylo prokázáno, že při testu skoku z místa do dálky nevidomé dívky dosáhly průměrně pouze 50,7% výkonu vidících dívek a u chlapců dokonce jen 31,21% výkonu vidících chlapců v testech skoku do dálky z místa, počtu leh-sedů a výdrži ve shybu a též v hodnocení posturální stability pomocí flamingo test, který byl definovaný jako stoj na kladině na jedné DK a hodnotil se počet dotyků země, byla skupina nevidomých význačně horší. Tyto výsledky nám můžou negativně ovlivňovat parametry COP.

Měření v laboratoři neprobíhalo za standardních laboratorních podmínek. Teplota při měřeních v červnu a červenci přesahovala indiferentní teplotu vzduchu 24 – 29 ° C. V tomto případě byl svalový tonus snížený v důsledku sníženého množství endogenního tepla (Poděbradský, 2009). Laxicita vaziva byla vyšší, neboť s rostoucí teplotou materiál měkne a youngův modul pružnosti klesá. To mohlo vést k větším limitům stability a větším výchylkám COP. Ostatní podmínky, kterými jsou tlak a objem kyslíku, by neměly měření ovlivnit.

### 1.2.2 Neurální aspekty

Neurofyziologické mechanismy důležité pro řízení posturální kontroly zahrnují motorické procesy organizující správné zapojení svalů celého těla do neuromuskulárních synergií, senzomotorické procesy integrující informace z receptorů celého těla a vyšší kognitivní procesy nezbytné pro možnost reagovat na změny v prostředí anticipačními strategiemi (Shumway-Cook, 2017). Základním kamenem efektivního udržení posturální stability je posturální svalový tonus, který je výsledkem posturálního řízení CNS (Obrázek 3) a vzpřimovacích reflexů (Tabulka 1.). Svalový tonus je popsán jako odpor svalu při pasivním pohybu (Foster, 1892). Tento svalový tonus se nachází v posturálních svalech, které zahrnují axiální a antigravitační svalstvo (Shumway-Cook, 2017).

**Obrázek 3.** Centrální řízení posturální kontroly: RF = retikulární formace, VM = varolův most, PM = prodloužená mícha (upraveno dle Takakusaki et al., 2017)



Motorická kůra koncového mozku nebyla dříve považována za nezbytnou v řízení posturální stability, neboť zvíře po dekortikaci dokázalo stát vzpřímeně díky neporušené funkci vzpřimovacích reflexů z nižších center CNS (Sherrington, 1910). Později však bylo dokázáno, že mozková kůra přispívá posturálním odpovědím několika způsoby. Modifikuje komplexní kognitivně-motorické procesy při současném provádění dalších úkolů, což je pro běžný život nezbytné (Brown et al., 1999). Provádí změny v záměru jedinců jednat určitou balanční strategií (Burleigh et Horak, 1996). Modifikuje

posturální odpovědi na podkladě získaných zkušeností (Horak et Nashner, 1986). Rozhoduje o volbě posturálního programu při změnách prostředí (Chong et al., 1999). Premotorická kůra vysílá informace do oblasti mozkového kmene, nastavuje posturu na začátku plánovaného pohybu, tzn. atitudu a připravuje motorický program k jednání (Ganong, 2005). Asociační oblasti mozkové kůry přijímají informace ze somatosenzorického systému a podle nich nastavují posturální program. Parietální lalok se účastní procesů vyžadujících pozornost (Shumway-Cook, 2017).

Mozeček je integračním a koordinačním centrem reflexní i cílené motoriky. Posturální reflexy jsou optimalizovány v jeho vestibulární a spinální části. Spinální mozeček přijímá informace z proprioceptorů a zpětnovazebně tak nastavuje svalový tonus. Na úrovni proprioceptivních reflexů antigravitačních svalů působí tlumivě (Trojan a kol., 2003). Vestibulární mozeček přijímá informace z vestibulárního aparátu o postavení hlavy vůči gravitaci a informace z bazálních ganglií, v jeho střední části končí vlákna vedoucí zrakové informace. Integrací těchto informací pak řídí činnost posturálních svalů, čímž udržuje nastavení postury (Kittnar, 2011). Společně s retikulární formací zajišťuje vzpřimovací reflexy (Trojan, 2003).

Bazální ganglia se též starají o vzpřímení těla proti gravitaci. Pallidum je centrum posturálních reflexů a Putamen, nucleus caudatus a Luysiino těleso tyto posturálními reflexy kontrolují (Martin, 1967). Tyto informace jsou vedeny do jader vestibulárního mozečku.

Mozkový kmen obsahuje jádra retikulární formace prodloužené míchy, Varolova mostu a středního mozku. Aferentace přichází z proprioceptorů šijových svalů, z vestibulárních jader, z vestibulárního mozečku, z bazálních ganglií i z mozkové kůry (Dylevsky, 2009). Posturální stabilitu řídí především descendentní část retikulární formace, která facilituje tonus antigravitačních svalů a inhibuje tonus flexorů (Kittnar et al., 2011).

Na úrovni míchy vyvolávají aferentní podněty jednoduché reflexní odpovědi (Ganong, 2012). Aferentní podněty pochází z proprioceptorů či exteroceptorů. Informace jsou vedeny zadními kořeny do míchy, kde se přepojí na eferentní dráhu buď přímo v případě proprioceptivních reflexů či přes interneuron u exteroceptivních reflexů. Pokud jsou podrážděna dotyková čidla v kůži plosky nohy, je vyvolán extenzorový reflex, který je základem postojových reakcí (Trojan, 2003). Eferentní informace vystupují z míchy jako motoneurony. Alfa-motoneurony inervují extrafuzální výkonná svalová vlákna a menší gama-motoneurony zásobují intrafuzální

proprioceptivní svalová vřeténka. Jádra motoneuronů jsou uložena v předních míšních rozích jako mediální motoneurony inervující posturální svaly a laterální motoneurony. Mediální motoneurony inervující svalstvo fázické (Trojan, 2005). Systém udržení posturálního tonu funguje na základě reciproční a kokontrakce. Reciproční inervace řídí souhru mezi kontrakcí agonisty a relaxací antagonisty pro uskutečnění pohybu (Langmaier a kol., 2009). Reciproční inervace se uplatňuje i u zkříženého extenzorového reflexu, kdy flexe jedné končetiny je provázena zároveň extenzí končetiny druhé, což umožňuje zachování vzpřímeného stoje a posturální stability (Trojan, 2003). Kokontrakce vyrovnává izometricko-dynamickou kontrakci agonisty a antagonisty (Vojta et Peters, 2010).

Vzpřimovací reflexy jsou podkladem posturální stability. Tyto reflexy udržují tělo ve vzpřímené, vyvážené poloze a zajišťují jeho kontinuální přizpůsobování nezbytné pro udržování posturální stability (Tabulka 1.) (Ganong, 2005). Pokud jsou porušeny činnosti mozkové kůry, především motorické a senzomotorické oblasti, jsou vzpřimovací reflexy výrazně postiženy (Trojan, 2003).



**Tabulka 1.** Vzpřimovací reflexy (upraveno dle Ganong, 2005)

<b>Reflex</b>	<b>Podnět</b>	<b>Odpověď</b>	<b>Receptor</b>	<b>Úroveň integrace</b>
Napínací reflexy	natažení	svalová kontrakce	svalové vřeténko	mícha, prodloužená mícha
Pozitivní podpůrná (magnetová) reakce	dotyk na plošce	extenze nohy pro oporu těla	proprioceptory distálních flexorů	prodloužená mícha
Negativní podpůrná reakce	natažení	uvolnění ukončením pozitivní podpůrné reakce	proprioceptory extenzorů	prodloužená mícha
Tonické labyrintové reflexy	gravitace	kontrakce extenzorů končetin	otolity labyrintu	mícha
Tonické šijové reflexy	otočení hlavy: 1. ke straně 2. vzhůru 3. dolů	1. extenze KK na stranu natočení 2. flexe zadních KK 3. flexe předních KK	šijové proprioceptory	mícha
Labyrintové VR	gravitace	udržení hlavy	otolity labyrintu	mezencephalon
Šijové VR	natažení šijového svalstva	napřímení hrudníku a ramen, později pánve	svalová vřeténka	mezencephalon
VR hlava	tlak na stranu těla	vztyčení hlavy	exteroceptory	mezencephalon
VR tělo na tělo	tlak na stranu těla	vztyčení těla i při úklonu hlavy	exteroceptory	mezencephalon
Optické VR	zrakové vjemy	vztyčení hlavy	oči	mozková kůra
Umísťovací reakce	zrakové, exteroceptivní a proprioceptivní vjemy	umístění nohy na podložku tak, aby podepírala tělo	různé	mozková kůra

### 1.3 Senzomotorický systém

Multimodální senzomotorický systém je pro řízení posturální stability vzpřímeného, propojeného a nestabilního lidského těla klíčový. Pro zamezení ztráty stability musí senzomotorický systém určit a neustále sledovat polohu těžiště těla (Allison et Jeka in Calvert et al., 2004). Osoby bez senzomotorického deficitu k tomu používají k somatosenzorický systém přibližně v 70%, vestibulární systém ve 20% a zrak v 10% (Peterka, 2002). Pyykkö et al. (1988) přikládá zraku v posturálním řízení ještě větší roli, až 30%. Pokud je poškozené statokinetické čidlo i propiocepce, ale je zachována normální funkce zraku, člověk stále zaujímá vzpřímený postoj (Trojan, 2003). K tomu slouží optický vzpřimovací reflex, který je však oproti ostatním vzpřimovacím reflexům závislý na intaktní mozkové kůře (Ganong, 2005). Poměr využití jednotlivých sensorických vstupů se liší podle individuálních schopností a podle věku. Zrak je dominantní v řízení posturální kontroly do věku 3 let, poté se přidává velmi citlivě somatosenzorický systém a dominantním smyslem se stává v dospělosti (Cech et Martin, 2011). Děti do 6 let v obtížných posturálních situacích mechanicky blokují šíji a trup, čímž efektivitu zraku a vestibulárního systému snižují a spoléhají se především na propiocepci (Pastucha a kol., 2011). Teprve okolo 7. roku života se přidává pro posturální řízení role vestibulárního systému během chůze (Cech et Martin, 2011). Propriocepce se naopak zhoršuje u starších osob, pro které se tak stává zrak opět nejdůležitějším smyslem (Bizovská et al., 2016).

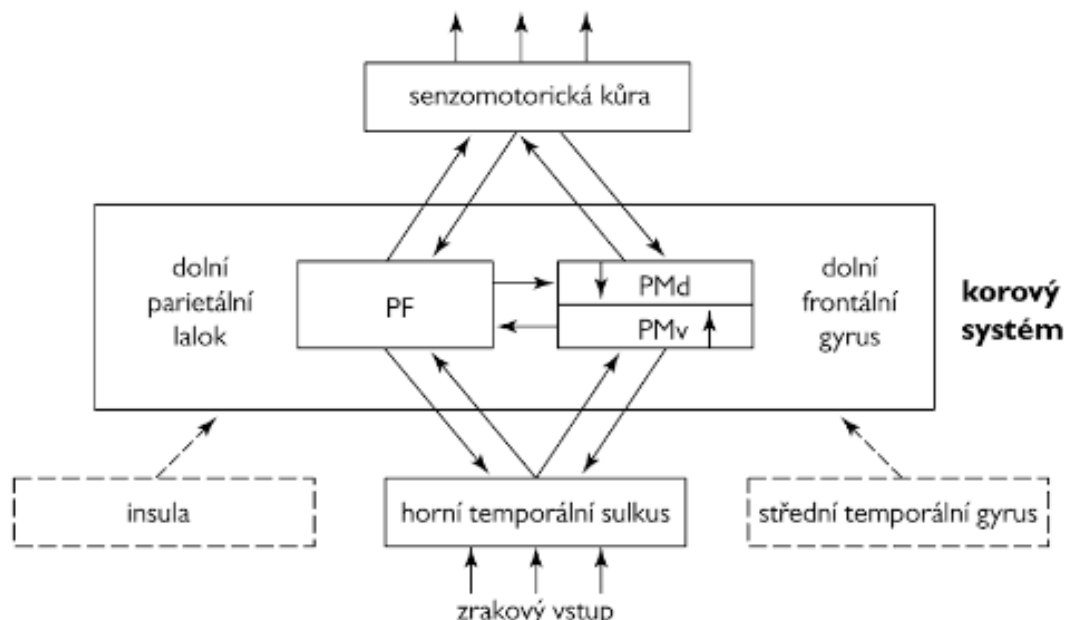
#### 1.3.1 Senzomotorická integrace, adaptace a deprivace

Každá smyslová buňka percepuje adekvátní podnět na receptoru a vyvolává specifický sensorický vjem. Všechny senzitivní a sensorické vjemy kromě čichových vjemů přicházejí k jádrům thalamu, kde jsou integrovány, roztříděny a poslány do asociačních oblastí mozkové kůry, do limbického systému, bazálních ganglií a mozečku (Čihák, 2016). Integrované sensorické informace také vstupují do zadní části inzuly, která předá své výstupy přední části inzuly a ta vygeneruje pocit subjektivního uvědomění tělesného schématu (Ramachandran, 2013). V případě, že nějaký sensorický systém podává chybné informace, mělo by CNS dokázat tento stav detekovat a zvolit odpovídající vjem (Shumway-Cook, 2007). Při ztrátě některého sensorického vstupu dochází k sensorické deprivaci, která je v průběhu psychomotorického vývoje adaptována ostatními smysly – u nevidomých je to především sluch a hmat při zrakové

ostrosti menší než 0,5/60 (Kuchynka, 2016). Senzorická deprivace vede k vytvoření nových spojů v CNS. Pro představu zrakové deprivace a neuroplasticity CNS u osob s vrozenou nevidomostí nám poslouží studie Ptito et al. (2008). Na MRI mozku byl nalezen úbytek v celé zrakové dráze, v oblasti thalamu oboustranně v oblasti přepojení zrakového jádra v corpus geniculatum laterale pravého zadního jádra pulvinaru. Chiasma opticum bylo atrofované a v oblasti primární i sekundární zrakové kůry byl nalezen úbytek 25% oboustranně. Dále byl zmenšen objem zadního hippocampu, fornix, pravého horního frontálního gyru, středního a dolního temporálního gyru, laterální orbitální kůry a pravé zadní inzuly. Naopak žádné změny nebyly nalezeny v primární somatosenzorické kůře, v primární motorické kůře ani v kortikospinálním traktu. Celkově byl objem celého mozku menší než u vidících probandů.

Popsané schéma koreluje se schématem řízení zrcadlových neuronů (Obrázek 4.), které jsou aktivní v případě, že člověk provádí nějakou činnost při pozorování jiného jedince dělající tutéž či podobnou aktivitu (Fabbri-Destro et Rizzolati, 2008).

**Obrázek 4.** Základní a rozšířený systém lokalizace zrcadlových neuronů: PF = parietální frontální oblast dolního parietálního gyru; PMd = dorzální premotorická oblast; PMv = ventrální praemotorická oblast frontálního gyru (upraveno dle Pineda, 2008).



Zadní hippocampus má funkci prostorově-zrakovou (Koukolík, 2016). Fornixem probíhá základní hippocampální okruh, který se podílí na zpracování deklarativní paměti a na prostorové orientaci (Kulišťák, 2017). Horní frontální gyrus je důležitý pro

iniciaci a generování složitějších pohybů hlavy a končetin a také se zde nachází praemotorická oblast zodpovědná za přípravu a změnu pohybů (Naňka, Elišková a Eliška, 2009). Horní a střední temporální gyros kóduje pohyb a posílá informace do preamotorické kůry (Jellema et al., 2002). Laterální orbitální kůra pravděpodobně integruje emoční zpracování (Longe et al., 2009).

### 1.3.2 Vestibulární systém

Výkonným orgánem vestibulárního systému je blanitý labyrint vnitřního ucha, který obsahuje kinetické čidlo a statické čidlo (Rokyta, ). Kinetické čidlo je tvořeno třemi polokruhovitými kanálky, které snímají úhlové zrychlení pohybů hlavy a tyto informace posílají skrze vestibulookulární reflex (VOR) do očních svalů, díky čemuž dokážou udržet zrakovou fixaci při pohybech hlavy a těla (Hahn, 2015). Kinetické čidlo detekuje posturální výchylky frekvencí 0,5 – 1 Hz, tedy nejpomaleji ze všech senzomotorických systémů (Iuliano et al., 2015). Statické čidlo tvoří utriculus, který zachycuje informace o horizontálním zrychlení a sacculus, který snímá vertikální zrychlení při pohybech hlavou a tyto informace posílá tractus vestibulospinalis do míchy a dále do svalů DKK, čímž se podílí na udržení vzpřímeného stoje (Guskiewicz, Ross et Marshall, 2001). Statické čidlo detekuje posturální výchylky rychleji než kinetické čidlo s frekvencí < 0,5 Hz (Iuliano et al., 2015). Vestibulární systém je propojen s těmi částmi CNS, které jsou zodpovědné za kontrolu míšních reflexů a zpětnovazebně tak nastavují posturální tonus (Hahn, 2015). Nervová zakončení jsou funkční již při narození, ale centrální vestibulární systém se vyvíjí mnohem později (Pyykkö et al., 1988).

### 1.3.3 Somatosenzorický systém

Do somatosenzorického systému patří systém hluboké senzitivity - interocepce a propiocepce a systém povrchové senzitivity - exterocepce. Jednotlivé systémy dozrávají odděleně a teprve později, ve věku okolo 7. roku dítěte, dochází k jejich vzájemné integraci (Vyskotová a Macháčková, 2013). Při sledování koordinačních schopností jemné motoriky, která představuje integraci propiocepce a exterocepce, bylo zjištěno rychlé zlepšení ve věku 7-11/12 let, pubertální zpomalení a další zlepšení po 17. roce (Měkota et Novosad, 2005). Při integraci všech modalit tohoto systému dochází k detekování posturálních výchylek frekvencí > 0.1 Hz (Iuliano et al., 2015).

Interoreceptory jsou smyslové buňky přijímající vzruchy z vnitřního prostředí (Vojta et Peters, 2010) Patří mezi ně čichové telereceptory, chuťové chemoreceptory a mechanoreceptory a chemoreceptory vnitřních orgánů (Čihák, 2016). Tyto smyslové buňky vedou vzruchy do vegetativního nervového systému a do thalamu, který nevědomě řídí mnohé tělesné funkce (Vojta et Peters, 2010). V inzule pak spoluutváří obraz subjektivního vnímání tělesného schématu (Ramachandran, 2013)

Proprioreceptory vnímají polohu a pohyby těla. Řadí se mezi ně svalová vřeténka a Golgiho šlachová tělíska. Svalové vřeténko je uloženo paralelně s výkonnými extrafuzálními svalovými vlákny a je složeno až z 10 intrafuzálních svalových vláken uzavřených ve vazivovém obalu, kdy každé má vlastní motorickou inervaci (Ganong, 2005). Svalová vřeténka mají funkci komparátoru délky s ostatními svalovými vlákny. Při prodloužení svalového vlákna se podráždí a naopak (Trojan, 2003). V posturálních svalech zpětnovazebně zajišťují orientaci polohy a pohybu proti gravitaci (Winter, 1995). Golgiho šlachové tělísko je vzhledem k výkonným svalům zapojeno sériově a obsahuje svazek až 10 kolagenních šlachových vláken (Trojan, 2003). Golgiho šlachová tělíska se aktivují protažením šlachy, jejíž napětí musí být podstatně větší, než je nutné k podráždění svalového vřeténka. Při překročení určité meze napětí na šlaše působí proti funkci svalového vřeténka tím, že inhibuje agonistický sval a facilituje antagonistu (Véle, 2006). Proprioreceptory DKK informují CNS při posturálním řízení o uspořádání končetin vzhledem k trupu (Hadders-Algra, M. et Carlberg, 2008). Proprioceptivní informace se dají zesílit pomocí vibrací ve šlachách, které působí excitaci svalových vřetének (Brown et al., 1967). První proprioceptivní informace souvisejí s objevením se svalového tonu a hlubokých šlachových reflexů již u embrya mezi 6. až 7. měsícem (Vyskotová a Macháčková, 2013). Posturální odpovědi se vyvíjejí kраниokaudálním směrem (Whiting et Wade, 1986).

Exteroreceptory jsou buňky, které přijímají informace ze zevního prostředí (Vojta et Peters, 2010). Receptory se nacházejí na celém povrchu těla a jsou jimi kožní mechanoreceptory, termoreceptory a nociceptory (Rokyta, 2015). Nejpočetněji se kožní mechanoreceptory vyskytují na radiální polovině břicha ukazováku a prostředníku dominantní ruky palmárně (Johansson et Vallbo, 1977). Řadí se mezi ně Merkelovy disky s funkcí vnímání dotyku a lehkého tlaku, Meissnerova tělíska detekující jemné mechanické chvění, Ruffiniho tělíska registrující napětí kůže při pohybu, čímž se částečně podílejí na propriocepci a Vater-Paciniho tělíska detekující vibrace (Trojan, 2003). Integrací všech těchto vjemů dostaneme stereognostickou informaci, která je

nejlépe rozeznána hmatem. Hmat lze rozdělit na pasivní, aktivní a instrumentální. Aktivní hmat neboli dotyk umožňuje vnímat vlastnosti předmětu v klidu. Aktivní hmat neboli haptika podává informace o celkovém obrazu předmětu a o jeho umístění v prostoru a při instrumentálním hmatu je použit předmět k poznávání okolí, např. bílá hůl (Kroupová a kol., 2016). První kožně motorické reakce se objevují v 7. až 8. týdnu embrya při podráždění kůže a vyhasínají s dozráváním stereognozie. Jednotlivé modality dotyku dozrávají mezi 1. až 3. měsícem (Vyskotová a Macháčková, 2013). Lehký dotyk ukazováku zlepšuje posturální kontrolu pravděpodobně tím, že detekuje okamžité změny ve velikosti síly či směru posturálních výchylek (Jeka et al., 1996). Těž dotyk na krku a hlavě zlepšuje posturální kontrolu (Krishnamoorthy et al. 2002). Při přesunu horní končetiny se mění těžiště těla, což vede k větší aktivaci posturálního svalstva (Vyskotová a Macháčková, 2013).

#### 1.3.4 Zrakový systém

Zrak je systém, který nejrychleji detekuje rychlé a nečekané změny (Vařeka, 2002). Detekce probíhá s frekvencí  $< 0,1$  Hz (Iuliano et al., 2015). Jelikož interaguje s kortikospinálním traktem, je schopen na tyto změny reagovat a aktivovat vhodné anticipační mechanismy (Patla, 1997).

Dále hraje velkou roli v prostorové orientaci, o níž poskytuje až 80% informací (Janečka a Bláha, 2013). Tuto funkci vykonává tectospinální trakt (Patla, 1997). Receptory v sítnici podávají informace o poloze hlavy a podílejí se tak na udržení posturální stability (Trew – Everett, 1997).

Okohybné svaly udržují svalový tonus (Véle, 1997). Zrak má oproti vestibulárnímu systému menší práh dráždivosti (Nashner et McCollum, 1985). Při testování stoje bez zrakové kontroly hodnoty parametrů posturální stability zhorší až dvojnásobně (Simoneau et al., 1995). Zrakový systém bude podrobněji popsán v kapitole 2 Zrakové postižení

## 1.5 Vývoj posturální stability

Adekvátní posturální kontrola je v přímém kontrastu nedílnou součástí kontroly lokomoce (Bremner et Slater, 2004). Vývoj posturální kontroly je tedy nezbytný pro vývoj každého následného volního pohybu jako jsou lokomoce a manipulace.

### 1.5.1 Ontogeneze posturální stability

Novorozenec není schopen žádné stabilizace těla, nemá opěrnou bázi ani punctum fixum, tudíž není schopen provést cílený pohyb (Vařeka a Dvořák, 1999). Řízení posturální stability se vyvíjí kraniokaudálním směrem a začíná okolo 3. měsíce dovedností kontrolovat hlavu (Bremner et Slater, 2004). Pro tuto schopnost je důležitý zrak (Cech et Martin, 2012). U kojenců bez senzomotorického deficitu je toto období považováno za velmi důležité, neboť značně roste funkční aktivita bazálních ganglií, mozečku a mozkové kůry (Kračmar a kol., 2016).

V 5 měsících je kojeneček schopen kontrolovat trup, který ale zatím není schopen vertikalizace (Bremner et Slater, 2004). K postupné vertikalizaci trupu dochází v období 7. měsíce života v posturální situaci šikmého sedu a je dokončena v 8. - 9. měsíci ve volném sedu. Při dovednosti udržet posturální stabilitu trupu ve vertikále nastává možnost cílené aktivity očí a manipulace a posturální stabilita tak musí odolávat působení zevních sil pocházejících z volní aktivity HKK (Latash, 2004).

Také v tomto období dozrává lezení, první samostatná lokomoce, při které dochází k rozvíjení svalového tonu zad a trupu a ke stabilizaci ramenních a pánevních pletenců a kyčlí (Wiener et al., 2010). Na začátku lezení mají kojenci z důvodu těžké hlavy a kvůli počátečním strnulým pohybům končetin, trupu a krku zpočátku tendenci dívat se jen na podlahu a na cíl na zemi, tzn. optický tok je nejprve ve středu zrakového pole. S přibývajícím pohybem však přibývá překážek na cestě a s tím se vyvíjí periferní zrakové pole, které je nutné pro udržení vzpřímeného stoje (Bremner et Slater, 2004).

V období 9. - 11. měsíce života jsou kompletně dokončeny posturální vzpřimovací reakce a vzniká kotníková balanční strategie (Cameron et Monroe, 2007). Ta se používá jako reakce v odpovědi na malé a pomalé pohyby na pevné rovné podložce (Winters et Crago, 2000).

Při dalším vývoji se postupně posturální situace ztěžují a na přelomu kojeneckého a batolecího období okolo 1 roku života, dojde k zásadnímu vývoji posturální stability, tj. úplné vertikalizaci. V tomto období též vzniká kroková strategie jako adaptace na

udržení stoje bez pádu. Jako poslední se objevuje po 3-6 měsících od samostatné bipedální lokomoce kyčelní strategie, která následně ještě velmi dlouho dozrává (Cameron et Monroe, 2007).

Unipedální posturální stabilita začíná dozrávat ve 3 letech, kde by dítě mělo být schopno udržet ji alespoň na 3 s a ve 4 letech by ji mělo dokázat udržet déle než 3 s. V tomto období se vyvíjí posturální funkce krátkých svalů nohy a svalů bérce, čímž dochází k podsunutí kalkanea pod tallus a tím pádem je zajištěno držení klenby a dítě by mělo být schopno alespoň chvíli stát na špičkách (Kraus a kol., 2004).

Mezi 4. až 6. rokem je dokončena myelinizace pyramidových drah a dozrávají funkce mozkové kůry, které hrají významnou roli v interpretaci sensorických informací. Významně se tak v motorické kontrole zlepšuje somatostezie, zrak a hmat (Nováková, 2015). Děti v tomto věku používají pouze 44% opěrné báze (Riach et Starkes, 1993). Do věku 5 let se využívá mechanismus řízení posturální stability principem otevřené smyčky (open loop), která se projevuje většími a rychlejšími výchylkami COP a větší rychlostí výchylek (Assaiante, 2012).

Za další zlomové období v řízení posturální stability se považuje období mezi 6. - 8. rokem, kdy dochází ke zrání mozečku a mění se antropometrické parametry – začíná přibývat podkožní tuková vrstva, končetiny se prodlužují a rostou rychleji než trup, hlava roste pozvolna a relativně se zmenšuje (Pastucha a kol., 2014). Navíc je kolem 7. roku života dítě schopné využít 70-75% plošky jako opěrné plochy, tedy podobně jako dospělý (Pastucha a kol., 2011). V tomto období se začíná používat mechanismus řízení posturální stability pomocí principu uzavřené smyčky (close loop), k čemuž dochází díky vyvrážděné sensorické integraci a projevuje se pomalejšími a menšími výchylkami COP (Assaiante, 2012). Kyčelní strategie dozrává až v období 7-10 let, kdy dochází ke kvalitní synergii břišních svalů (Cameron a Monroe, 2007).

Většinu pohybových stereotypů si vytváříme již během prvních let života a v průběhu dalších let jsou tyto hybné stereotypy ovlivňovány dalšími rušivými faktory (Kolář et al., 2006).

#### 1.5.2 Ontogeneze nevidomých dětí

Psychomotorický vývoj při zrakové deprivaci bývá opožděný, jelikož zrak je smyslem motivace v průběhu vývoje. Posturální kontrola hlavy, krku a trupu je opožděna a není zde plně rozvinutá svalová síla (Wiener et al., 2010). Psychomotorický vývoj v několika prvních měsících následuje stejné vývojové pozice (Maida et McCune,



1996). Veliký rozdíl se projeví později především v manipulaci HKK a v lokomoci. K uchopování předmětu dochází až o 8 měsíců později na rozdíl od zdravých kojenců (Bigelow, 1986).

Žádné ze sledovaných dětí nepředvedlo plazení a mnoho z nich nelezlo po 4, ale zůstalo ve slepém houpaní na 4 (Maida et McCune). Nevidomé děti tak mohou postrádat stabilizaci ramenních a pánevních pletenců a kyčlí (Winters et al., 2010).

Vertikalizace a samostatná bipedální lokomoce se rozvíjí průměrně až mezi 18-24. měsícem (Wiener et al., 2010). Tato chůze bývá často asymetrická tak, že jedna DK používá pro nárok a druhá se k ní přisouvá (Norris in Richmond, 1957).

## 1.4 Vyšetření posturální stability u nevidomých

Parreira, Greco et Oliveira (2017) vytvořili soubor studií, které se zabývaly modifikovanými vyšetřeními posturální stability u nevidomých. Potvrdili, že se osoby s vrozenou nevidomostí dokážou díky neuroplasticitě CNS adaptovat, což vede ke strukturálním změnám v mozkové kůře, senzomotorickém a subkortikálním systému. Studie byly vždy měřeny u skupiny probandů s vrozenou nevidomostí a u kontrolní skupiny, kterou představovali probandi bez zrakového deficitu, kteří byli měřeni se zavřenými očima.

### 1.4.1 Vyšetření statické posturální stability

Statická posturální stabilita se vyšetřuje tak, že se vyšetřovaný ani tenzometrická plošina nepohybují.

Vestibulární adaptaci pro udržení statické posturální stability měřili Easton et al. (1998) ve stoji v tandemu. Probandi byli slovně naváděni dvěma mluvčími u každého ucha. U obou skupin bylo dosaženo zlepšení parametrů COP a byly též zmenšeny pohyby hlavy. Sioud et al. (2019) ji ve stoji na každé DK a v bipedálním stoji. Před probandy byl ve vzdálenosti 2 metrů a ve výšce 1,2 m umístěn zvukový přehrávač.

Adaptaci v případě propiocepce vyšetřovali Di Cagno et al. (2018) ve své studii tak, že probandi stáli na vibrační podložce (Names Double Vibe, Bosco System; OMP, Rieti, Italy). Kontrolní skupina byla měřena nejprve s otevřenými očima a poté se zavřenými očima. Posturální stabilita se měřila na začátku před zahájením vibrace, po zahájení vibrace, poté po 10 minutách a po 20 minutách od ukončení vibrace, která trvala 1 minutu. Po 20 minutách došlo u všech skupin ke zlepšení. U nevidomých došlo oproti kontrolní skupině ke statisticky většímu zlepšení v délce výchylek, ale ne v celkové ploše výchylek.

Studii na vliv hmatového vjemu vyšetřovali Jeka et al. (1996) tak, že probandi stáli v tandemovém stoji a byli měřeni ve 3 podmínkách - 1. bez dotyku, 2. s dotykem vertikálně a šikmo orientované hole, kterou probandi drželi silou  $< 2N$  a 3. s oporou o hole. Opora zlepšila u obou skupin parametry COP na rozdíl od podmínky bez dotyku, neboť došlo ke stabilizaci těla skrz zvětšení opěrné báze. Ve 2. i ve 3. podmínce se nejvíce zlepšili parametry COP při použití šikmo orientované hole a nejmenší výchylky byly v podmínce lehkého dotyku. Také Schieppati, Schmidt et Sozzi (2014) měřili vliv lehkého hmatového vjemu na posturální stabilitu u nevidomých a vidících probandů se

zavřenýma očima. Probíhalo měření 20 sekund s přidáním lehkého dotyku pravého ukazováku silou menší než 1N a poté došlo ke stáhnutí prstu z podložky. Bylo změřeno, že působící síla dotyku byla u obou skupin přibližně stejná, 0,3 - 0,5 N a výchyly se u obou skupin po hmatovém vjemu snížily parametry COP, u nevidomých však statisticky více.

Melzer et al. (2011) použili test, ve kterém měřila nevidomé probandy a kontrolní skupinu za podmínky dual-taskingu spočívající ve sluchové paměti. Nejprve byli probandi změřeni v klidném vzpřímeném stoji s HKK volně podél těla po dobu 30 s. Potom následovala podmínka dual-taskingu. Probandi měli za úkol ve stejném nastavení těla i době měření poslouchat 15 slov, která začínala stejným prvním písmenem a měnila se každé 2 sekundy. Byla vyvolávána 2-3 metry před probandy v úrovni uší. Poté následoval 30s odpočinek, ve kterém si měli probandi pamatovat slova a následně došlo k měření posturální stability 30 s, kdy měli probandi slova opakovat.

#### 1.4.2 Vyšetření dynamické posturální stability

Dynamická posturální stabilita vyšetřuje schopnost zareagovat na změnu situace, kterou může představovat pohyb plošiny.

Nakata et Yabe (2001) ve své studii zjišťovali dynamickou posturální stabilitu nevidomých na pohyblivé desce během klidného stoje s HKK volně podél těla a nohama od sebe. Tenzometrická plošina se pohybovala čtyřmi směry – dozadu, dopředu, s náklonem nahoru a dolů. Kontrolní skupina byla změřena s otevřenýma a následně se zavřenýma očima. Bylo měřeno EMG PDK pro následující svaly – m. gastrocnemius medialis, m. tibialis anterior, m. rectus femoris a hamstringy pomocí bipolárních elektrod. Při EMG se měřil reakční čas aktivity od změny somatosenzorického stimulu a bylo zjištěno, že u kontrolní skupiny se zavřenýma očima byla u všech svalů EMG aktivita větší. Průměrný reakční čas pro EMG aktivitu všech svalů byl v podmínkách posunu dozadu, dopředu a nahoru statisticky kratší u skupiny nevidomých, v podmínce sklonu dolů nebyl mezi skupinami statistický rozdíl. U nevidomých byly nejmenší výchyly ze všech skupin za podmínky náklonu nahoru, dolů a posunu dopředu.

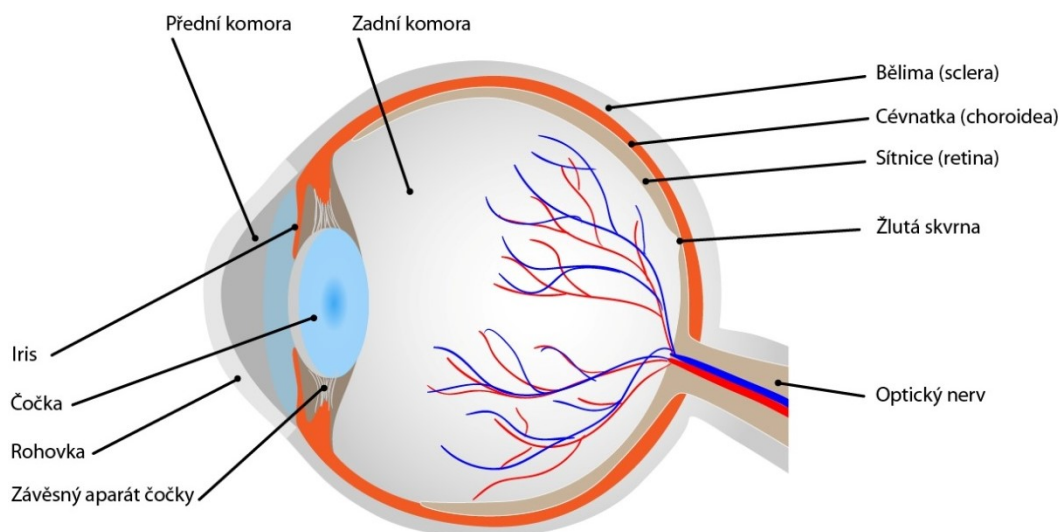
## 2 ZRAKOVÉ POSTIŽENÍ

### 2.1 Anatomie oka

#### 2.1.1 Oční koule

Oční koule – viz Obrázek 5. je periferní orgán zraku uložený v očníci a má 3 vrstvy (Fiala et al., 2015). Povrchová vrstva má ochrannou funkci a tvoří ji rohovka a bělma (Kelnarová et al., 2013). Cévnatá vrstva se skládá z cévnatky, řasnatého tělíska a duhovky. Cévnatka je relativně nejvíc vaskularizovaná část těla (Řehák a kol., 2011). Obsahuje hladká svalová vlákna m. ciliaris, která regulují refrakční mohutnost čočky (Fiala et al., 2015). Řasnaté tělísko secernuje do zadní komory nitrooční tekutinu (Kuchynka a kol., 2007). Duhovka určuje pomocí obsahu svého pigmentu barvu očí a obsahuje 2 hladké svaly – m. sphincter pupillae zornici zužující při zvýšeném osvětlení a sval s opačnou funkcí, m. dilator pupillae (Fiala et al., 2015). Vnitřní nervovou vrstvu tvoří přední komora, zadní komora, sklivec, čočka a sítnice (Kelnarová et al., 2013). Komory jsou vyplněny komorovým mokem, který oko vyživuje a reguluje nitrooční tlak (Synek a Skorkovská, 2014). Přední komora tento mok vstřebává v rohovko-duhovkovém koutu v tzv. Fontanových prostorech do Schlemmova kanálu v bělímě. V zadní komoře lze najít čočku (Fiala et al., 2015). Čočka má schopnost akomodace určující její optickou mohutnost, která je u dospělého člověka kolem + 20 dioptrií (Synek a Skorkovská, 2014).

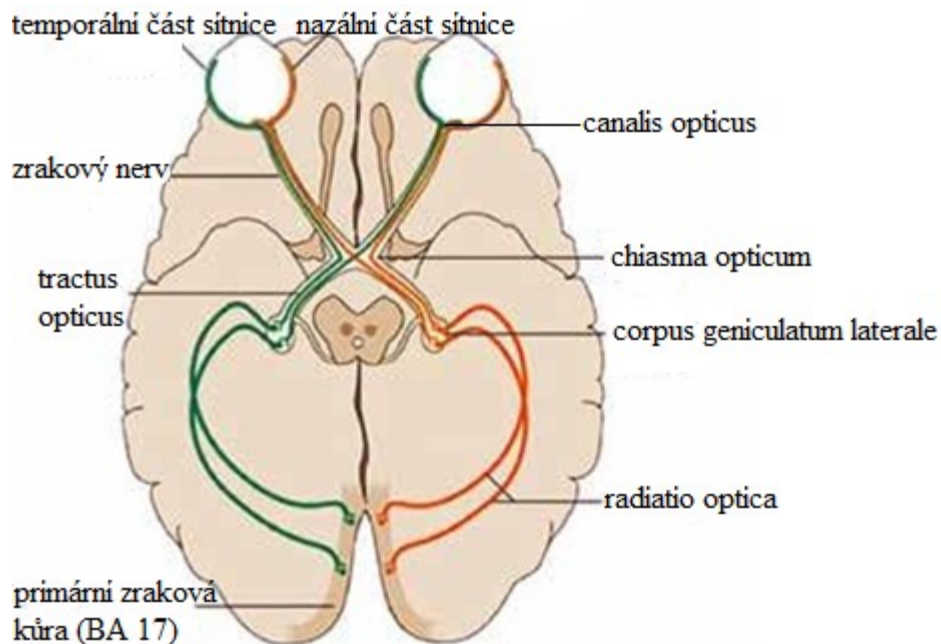
**Obrázek 5.** Anatomie oka (SIGILLUM FACULTATIS MEDICAE TERTIAE UNIVERSITATIS CAROLINAE, 2013)



### 2.1.2 Zraková dráha a její vývoj

Zraková dráha je čtyřneuronová senzitivní dráha, která začíná na oční sítnici, v níž jsou tři neurony uloženy. První neuron tvoří fotoreceptory, jež obsahují 120 miliónů tyčinek a 6 miliónů čípků, které zaznamenávají informace a přepojují se na bipolární buňky, jejichž soubor tvoří ganglion retinae. Třetí neuron je tvořen velkými multipolárními neurony, jejichž neurity se sbíhají k papile zrakového nervu a po průchodu oční stěnou v canalis opticus tvoří zrakový nerv. Jejich soubor se nazývá ganglion nervi optici (Synek a Skorkovská, 2015). Na sítnici vzniká inverzní a reverzní obraz, tzn. informace z horní části zorného pole se promítají na spodní části sítnice a pravá část zorného pole se promítá na levou polovinu sítnice (Kuchynka a kol., 2007). Oba zrakové nervy se po výstupu z canalis opticus kříží v chiasma opticum tak, že vlákna z nazální části sítnice pokračují nervem dále na opačnou stranu, zatímco vlákna z temporálních částí sítnic zůstávají nezkřížená. Dráha za chiasma opticum se nazývá tractus opticus (Synek a Skorkovská, 2014). Tractus opticus pokračuje dále do corpus geniculatum laterale mesencephala a zde jsou neurony zrakové dráhy uloženy v 6 vrstvách (Skorkovská, 2015). Dále je obraz veden cestou radiatio optica do primární zrakové kůry v Brodmannovo aree 17 - (Obrázek 6.) (Kuchynka a kol., 2007).

**Obrázek 6.** Anatomie zrakové dráhy (upraveno dle Skorkovské, 2015)



V embryonálním vývoji se zraková dráha vyvíjí z neuroektodermu a zraková kůra se organizuje do sloupečků nervových buněk od 30. - 34. gestačního týdne (Koukolík, 2016).

U novorozence jsou přítomné pupilo-motorický a optokinetický reflex. Pupilo-motorický reflex potvrzuje přítomnost světlocitu a projevuje se jako .... Optokinetický reflex svědčí pro přítomnost skotopického vnímání, které potvrzuje přítomnost tyčinek. Od 1. měsíce je zaznamenán začátek monokulární fixace, při které se oči střídají. Ve 2. měsíci se vytváří binokulární fixace a dítě je tak schopno chvíli sledovat pohybující se předmět. Ve 3. a 4. měsíci se upevňuje centrální fixace a objevují se disjungované pohyby (Kuchynka, 2016). Disjungované pohyby neboli vergence jsou nesouhlasné pohledy na různou vzdálenost, které umožňují při pohybech hlavy zachovat binokulární vidění (Kuchynka a kol., 2007). Tyto nové dovednosti jsou základem pro akomodační konvergentní reflex, který mění úhel os vidění na různou vzdálenost a dociluje tak ostrého vidění. V 6. měsíci je žlutá skvrna definitivně dozralá a zraková ostrost je 1 : 50. Jsou založeny základy pro vznik vergenčního reflexu, který pak vytváří celkový sloupečkový obrazec hloubkového vjemu promítaný v centrální korové oblasti. V 9. měsíci se zraková ostrost vyvine na úroveň minimálně 5/50.

Součástí vývoje je také refrakterní fáze, která nastává později. Refrakce oka je dána poměrem mezi axiální délkou oka a lomivostí optického prostředí oka. U novorozenců je axiální délka oka okolo 17 mm a v dospělosti doroste do 22-24 mm (Synek a Skorkovská, 2014). Fyziologicky u dospělých je tento poměr vyvážený a paprsky dopadají na sítnici (Slezáková a kol., 2008). V 1 roce stoupá její úroveň na 0,4 a jsou tak dány podmínky pro souhru binokulárních reflexů (fixačního, vergenčního a akomodačně konvergentního) a dítě si tak uvědomuje hodnotu sledovaného předmětu. Ve 2 letech dozrává akomodace a konvergence a dítě dokáže pojmenovat poznatý předmět. Podle Bizovské et al. (2016) jsou detekovány první zrakové reakce na pohybující se okolí. Ve 3 letech je dokončen vergenční neboli fúzní reflex a vidění stoupá na 0,5. Mezi 4. - 6. rokem života se postupně upevňuje binokulární vidění a v 6 letech se zrak stabilizuje na úrovni 1 a reflexy se dále nedají ovlivnit (Kuchynka, 2016).

## 2.2 Diagnostika a vyšetření zrakového postižení

### 2.2.1 Zraková ostrost

Zraková ostrost popisuje rozlišovací schopnost oka. Je dána transparentí optických prostředí oka a jejich lomivostí, normální funkcí čípků, centrální fixací oka a normální činností zrakového nervu a zrakového korového centra. Fyziologicky je rozlišovací úhel  $1^\circ$ , to představuje stimulaci dvou čípků, mezi nimiž leží jeden nestimulovaný. Při vyšetřování se měří zraková ostrost do dálky a do blízka.

Cílem vyšetření je určit největší vzdálenost, ze které jsou dva body snímány jako dva body. Pro vyšetřování ostrosti do dálky, tzv. vizu, se využívají optotypy (Synek a Skorkovská, 2014). Vyšetřuje se ze vzdálenosti 5 metrů. Výsledek je poměr vzdálenosti, ze které vidí daný řádek optotypu. Pokud osoba z dané vzdálenosti nevidí, vyšetřovaná vzdálenost se zkracuje. Zraková ostrost je fyziologicky snižena za tmy, chorobně při refrakčních vadách, při snížené průhlednosti světlolomného prostředí a při poruše žluté skvrny (Slezáková a kol., 2008).

Cílem vyšetřování ostrosti do blízka je určit vzdálenost mezi nejvzdálenějším bodem ostrého vidění a nejbližším bodem ostrého vidění. K tomu se používají Jägerovy tabulky, kterými jsou odstavce tištěného textu různých velikostí. Vidění do blízka závisí na akomodaci čočky. Fyziologicky se tato schopnost zhoršuje se stářím (Slezáková a kol., 2008).

### 2.2.2 Světlocit

Světlocit je schopnost oka vnímat světlo a určit jeho směr. Má dvě kategorie – světlocit se správnou světelnou projekcí, kdy je osoba schopna určit směr světla a světlocit s chybnou projekcí či bez projekce, kdy osoba nedokáže zdroj světla určit (Kroupová a kol., 2016). Vyšetření se provádí v zatemněné místnosti bodovým zdrojem světla, tzv. oftalmoskopem, který zasvítí do středu zornice a vyšetřovaný řekne, zda světlo vidí. Pokud dotyčný světlo vidí, dále se vyšetří svícením z různých směrů, zda má světlocit se správnou projekcí (Kolarčík, Dedek a Ptáček, 2016).

### 2.2.3 Rozsah zorného pole

Zorné pole je definováno jako souhrn všech zrakových podnětů vnímaných při fixaci hlavy a těla a zaměřením oka na fixační bod (Skorkovská, 2015). Fyziologický rozsah zorného pole je  $90^\circ$  temporálně,  $60^\circ$  nazálně a nahoře a  $70^\circ$  dole (Skorkovská,

2015). Vyšetření se nazývá perimetrie a je buď kinetická či statická. Při kinetické perimetrii lékař pohybuje různě velkou, zabarvenou značkou od periferie k centru a pacient udává, zda značku vidí. Při statické perimetrii pacient sedí před obrazovkou, na které se náhodně rozsvěcují různě velké značky (Synek a Svorkovská, 2014).

#### 2.2.4 Nitrooční tlak

Mezi obsahem a objemem oka je daný poměr tak, že oko klade určitý odpor charakterizující výši nitroočního tlaku. Ten je definovaný jako poměr přítoku a odtoku nitrooční tekutiny. Fyziologická hodnota je mezi 16-20 mmHg (Slezáková a kol., 2008). Zvýšený NOT s přidruženým poškozením zřetivého nervu se nazývá glaukom a je ve 12,3% celosvětově příčinou nevidomosti (Kuchynka a kol., 2007).

#### 2.2.5 Refrakce oka

Refrakce oka udává poměr mezi délkou oka a lomivostí prostředí oka. Pokud je tento poměr vyvážený, paprsky se protínají na sítnici oka. Vyšetření se provádí pomocí skiaskopie, retinoskopie, refraktometrie a keratometrie (Slezáková a kol., 2008).

#### 2.2.6 Barvocit

Zdravé oko vnímá tři základní barvy, ze kterých se skládají všechny ostatní – zelenou, červenou a modrou. Při vyšetřování se používají Stillingovy pseudochromatické tabulky, které mají 2 zaměnitelné odstíny (Slezáková a kol., 2008).

### 2.3 Klasifikace zřetivého postižení

Podle oftalmologického vyšetření rozdělujeme zřetivá postižení na 5 kategorií. Kategorie tvoří střední a silná slabozřetivost a těžce slabý zřetiv, zbylé skupiny tvoří nevidomost praktická a úplná. Diplomová práce se zabývá pouze nevidomými probandy, kteří jsou popsány podle Mezinárodní statistické klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů (MKN) kódy H54.0 (MKN, 1996).

Praktická nevidomost je definována zřetivou ostrostí s možnou korekcí 3/60 – 1/60 (0,02), světlocit se správnou světelnou projekcí nebo omezení zorného pole do 5° kolem centrální fixace, bez omezení zřetivé ostrosti (Čeledová et al., 2015).

Do skupiny s úplnou nevidomostí řadíme osoby s žádným vizem neboli amaurozou a osoby se zchovalým světlocitem s chybnou světelnou projekcí (Beneš, 2019).



Z pohledu speciální pedagogiky je rozdíl mezi slabozrakými a nevidomými takový, že slabozraké osoby využívají kompenzační pomůcky, které pracují pouze na bázi zvětšení obrazu. Kompenzační pomůcky pro nevidomé jsou uzpůsobeny pro práci prostřednictvím hmatu, sluchu či jejich kombinace (Zikl et al., 2011).

## **2.4 Epidemiologie zrakového postižení**

### **2.4.1 Incidence a prevalence**

Podle Světové zdravotnické organizace WHO je celosvětově 39 milionů nevidomých a 246 milionů slabozrakých, z toho v Evropě žije 2,5 miliónu nevidomých a počet zrakově postižených neustále roste (WHO, 2014). V České Republice je 7000-12000 nevidomých osob, z nichž 35-40% je nezletilých a v produktivním věku (Šrámková, 2013).

### **2.4.2 Příčiny**

Dle epidemiologického výzkumu, který provedl Kocur (1998) u 159 nevidomých a u 47 školních dětí s vážnou poruchou zraku vyšlo najevo, že nejčastěji postiženou částí oka byla retina (54,2%), optický nerv (15,3%). Podle novějších epidemiologických studií vychází najevo, že nejčastější příčinou nevidomosti dětí, tvořící až 70%, je perinatálně vzniklá retinopatie nedonošených (Kuchynka a kol., 2016). Za ní byl nejčastější příčinou abnormální porod, následovala zděděná nevidomost, katarakta a za ní byl glaukom, u 10 dětí byly důvodem postnatální faktory a pouze u 1 dítěte intrauterinní faktory – toxoplazmóza.

### **2.4.3 Syndromy probandů**

Primární anofthalmus je vrozená, oboustranná porucha diferenciacie optické ploténky multifaktoriální etiologie s incidencí 5/100 000 (Kuchynka a kol., 2016).

Retinopatie nedonošených – retinopathy of praematurity (ROP) vzniká u nedonošenců s porodní hmotností menší než 2200 g, kteří musí být z vitálních důvodů umístěny do inkubátoru s vysokým příjmem kyslíku. Po převedení do normální atmosféry dochází k poruše retinálních cév (Janečka a Bláha, 2013). Růst retinálních cév je zastaven a dojde tak ke vzniku hypoxie, jejíž důsledkem je abnormální neovaskularizace prorůstající do celé sítnice a sklivce, cévy nejsou kvalitní a mohou tak snadno krváčet a vytvářet na sítnici trhliny (Kroupová a kol., 2016). Má stádia I – V. K praktické až úplné nevidomosti vedou IV. – V. stádium. IV. Stádium popisuje

parciální odchlípení sítnice, V. stádium totální odchlípení sítnice (Zobanová, 2016). ROP je nejčastější příčinou vrozené slepoty – téměř 70% nevidomých dětí tvoří pacienti po proběhlé ROP (Kuchynka a kol., 2007). Existuje též tzv. rush forma neboli agresivní posteriorní forma ROP, která je nejtěžší a rychle progredující. Není zde demarkační linie, pouze diskrétní, snadno přehlédnutelné změny mezi vaskularizovanou a avaskularizovanou částí sítnice (Zobanová, 2016).

Primární vrozený glaukom je skupina očních vad při kterém je postižen nervus opticus souhrou tří faktorů - zvýšením nitroočního tlaku (NOT), zvýšené citlivosti podpůrné nebo nervové tkáně optiku na NOT a vaskulárními změnami. Prevalence tohoto syndromu je 1 - 4 : 10 000 novorozenců (Kuchynka a kol., 2016).

Morning glory syndrom je vrozená malformace optického nervu s nejasnou etiologií (Brodsky, 2016). Optický nerv je zvětšený, slepá skvrna je kónicky vyhloubená a obsahuje navíc gliové buňky. Kolem papily je zvětšená cévní proliferace a pigmentace (Lee et Traboulsi, 2009). Incidence není příliš známá, v Japonsku dosahuje 0,94/100000, jde tedy o vzácný syndrom (Couser, 2018).

Septooptická dysplázie neboli Morsierův syndrom JE DĚDIČNÁ? Jedná se o oboustrannou hypoplázií optického nervu z důvodu aplázie septum pellucidum, což vede ke splynutí obou postranních komor (Kuchynka a kol., 2007). Incidence se odhaduje na 1 : 50 000 (Kuchynka a kol., 2007).

Mikroftalmus OL je vada autozomálně recesivně dědičná, kdy v oku chybí spojivkový vak a rohovka (Kuchynka, 2016). Bulbus je malý a často nesouměrný (Kuchynka a kol., 2007).

Aniridie I. typu je převážně autozomálně dominantně dědičná malformace oka, při které chybí duhovka. Incidence je 1 : 56 000-76 000 porodů K tomuto typu se přidružuje přední polární katarakta spolu s odchlípením sítnice a přidává se též malformace disku nervus opticus (Kuchynka, 2016).

Vrozená katarakta neboli zelený zákal je vrozená anomálie čočky, existuje ve dvou typech podle lokalizace poškození. Zadní polární katarakta je častější a bývá spojena s perzistencí primárního sklivce nebo vaskularity vycházející z hypoidní arterie. Méně častá je přední polární katarakta, která bývá přidružena u aniridie I. Typu (Kuchynka a kol., 2007)

## 2.5 Komunikace s nevidomým

Téma komunikace s nevidomými se může zdát jako vytržené z kontextu, přesto je dle mého názoru důležité, jelikož znám z příběhů od svých nevidomých přátel, že často neprobíhá zcela tak, jak by si přáli, dokonce ani v lékařství. Tento typ komunikace přináší jistá specifika, kterými bych se v této kapitole chtěla zabývat.

### 2.5.1 Orientace v prostoru nevidomého

Jak již bylo výše zmíněné, nevidomá osoba se orientuje v prostoru pomocí somatosenzorického systému a sluchu. Pro orientaci v prostoru používají nevidomí bílou hůl, vodícího psa nebo průvodce.

Bílá hůl je „prodloužená ruka“ nevidomého, která ho informuje o charakteru cesty a také informuje okolí o tom, že dotyčný nevidí či má zrak oslabený (Mlýnková, 2010).

Podle ADI - Assistance Dogs International platí modulový zákon, který zní: „Asistenční pes má právo přístupu všude tam, kam má právo přístupu jeho držitel“ (Plevová a Slowik, 2010). Bohužel je v ČR tento zákon pořád málo známý. Platí zde určitá pravidla, jak se k vodícímu psu chovat: Nevyrušujte psa z práce žádným způsobem, nepřicházejte do kontaktu se psem bez souhlasu majitele, při kontaktu se psem na pracovišti nabídněte psovi misku s vodou a dopřejte mu odpočinek (Národní rada osob se zdravotním postižením ČR, 2006).

Při doprovodu zrakově postiženého se obecně doporučuje, aby průvodce šel před nevidomým o krok dopředu, neboť na překážky, změny sklonu terénu, či směru trasy dokáže reagovat včas (Plevová a Slowik, 2010). Všechny informace vycházejí nejen z jasných a pohotových verbálních informací, ale také neverbálně z nastavení HK, která nevidomého vede. Pokud nevidomého vedeme do schodů či ze schodů, nahlásíme předem počet schodů a nastavíme HK směrem nahoru či dolů. Pokud schody nelze spočítat, hlásíme první a poslední schod. Jdeme-li úzkým prostorem, nevidomého navedeme za sebe a tento prostor nahlásíme. Pokud nevidomého posazujeme, lze provést zvukový poklep na židli.

Národní rada osob se zdravotním postižením vytvořila Desatero komunikace s nevidomým pacientem, které se snaží nevidomým pacientům zpříjemnit a usnadnit komunikaci s lékařským personálem.

1. Při kontaktu s pacientem je nutné s ním jednat tak, aby se necítil ponížen. Není možné spoléhat na nějaký jiný, zvláště rozvinutý způsob vnímání zrakově postiženého, například dobrý hmat či sluch.
2. S nevidomým je nutno jednat přirozeně a přímo, nikoliv přes jeho průvodce. Ten nevidomého pouze doprovází. Věty typu: „Paní, chce si pán sednout?“, jsou nevhodné.
3. Osoba jednající s nevidomým zdraví jako první. Pozdrav s vlastním představením je důležité spojit s oslovením typu: „Dobrý den pane Nováku, jsem pan Novotný“, aby nevidomý věděl, že pozdrav patří jemu. Při odchodu z místnosti je vhodné nevidomého upozornit na to, že dotyčná osoba opouští místnost.
4. Podání ruky na pozdrav nahrazuje nevidomému vizuální kontakt. Při setkání stačí nevidomému oznámit "podávám Vám ruku". Při rozhovoru je velmi důležitý oční kontakt s nevidomým. Není tedy vhodné odvracet při rozhovoru tvář, protože to nevidomí obvykle poznají.
5. Při vyšetření je nezbytné pacientům vysvětlit, co se bude dít, při instrumentálním vyšetření je třeba stručně popsat jak použité přístroje, tak vlastní činnost. Pro nevidomého pacienta jsou informace typu „teď to píchne, teď to bude tlačit, teď vás to bude trochu pálit" nezbytné.
6. Dveře do místností by měly zůstat buď zcela otevřené, nebo zcela zavřené.
7. Věci nevidomého by měly zůstat na svém místě. S věcmi nevidomého je dobré nemanipulovat bez jeho vědomí.
8. Při komunikaci s nevidomým lze bez obav použít slova: vidět, kouknout se, mrknout, prohlédnout si. Tato slova používají nevidomí k vyjádření způsobu vnímání: cítit, hmatat, dotýkat se.
9. Nevidomý člověk s vodícím psem má přístup do zdravotnických zařízení. Na vodícího psa není vhodné mlaskat, hvízdát, hladit ho, krmit ho nebo na něj mluvit bez vědomí majitele.
10. Při jednání by měl být nevidomý objednan na určitou hodinu. Tu je vhodné dodržet, aby se předešlo jeho nervozitě v neznámém prostředí. Je vstřícné nevidomému pacientovi v čekárně sdělit, že o něm víme.

### 3 CÍLE A HYPOTÉZY

#### Cíle

Cílem této diplomové práce je zhodnotit vliv somatosenzorického vstupu v podobě lehkého dotyku na posturální stabilitu a ověřit tak senzoricou adaptaci u nevidomých osob oproti probandům bez zrakové deprivace. Dílčím cílem je zhodnotit subjektivní vnímání náročnosti jednotlivých posturálních situací.

#### Hypotézy

**H1:** Je statisticky významný rozdíl v subjektivním vnímání obtížnosti posturálních situací mezi probandy nevidomými a probandy kontrolní skupiny. U nevidomých probandů bude snazší udržet posturální stabilitu, jelikož jsou na zrakovou deprivaci adaptovaní.

**H2:** Je statisticky významný rozdíl v subjektivním vnímání obtížnosti v posturálních situacích po přidání lehkého dotyku. Po přidání lehkého dotyku bude snazší udržet posturální stabilitu u obou skupin a u nevidomých probandů více, jelikož mají z důvodu zrakové deprivace vytvořenou adaptaci somatosenzorického systému.

**H3:** Je statisticky významný rozdíl v parametrech COP mezi skupinou nevidomých a kontrolní skupinou. U nevidomých probandů budou parametry COP lepší, jelikož jsou na zrakovou deprivaci již adaptovaní.

**H4:** Je statisticky významný rozdíl mezi parametry COP po přidání hmatového vjemu u obou skupin.

## 4 METODIKA

### 4.1 Soubor vybraných osob

Do studie bylo zařazeno 20 osob ve věku 10 až 20 let. Skupina nevidomých probandů musela splňovat podmínky pro klasifikaci úplné či praktické nevidomosti podle WHO (3M, 7Ž; průměrný věk =  $16,7 \pm 2,41$ ). Kontrolní skupina obsahovala 10 probandů bez zrakového deficitu (2M, 8Ž; průměrný věk =  $18,8 \pm 1,83$ ).

Skupinu nevidomých probandů (skupina N) tvořili studenti ze školy Jaroslava Ježka a konzervatoře Jana Deyla. Úkolem bylo většinu nevidomých studentů na neurologickou kliniku FN Motol přivést a odvést zpět. K popisu diagnózy probandů byly použity výsledky z posledního oftalmologického vyšetření (Tabulka 2.).

Kontrolní skupinu (skupina K) tvořili studenti bez zrakového, motorického a neurologického deficitu.

**Tabulka 2.** Syndromy nevidomých probandů

Proband č.	klasifikace	diagnóza	oko	Přidružené symptomy
1	Úplná nevidomost	Primární anofthalmus	bilaterálně	-
2	Praktická nevidomost	Morning glory syndrom	OL – světlocit se správnou projekcí	-
3	Úplná nevidomost	ROP V. stádium	bilaterálně	Opakovaná distorze P hlezna
4	Úplná nevidomost	ROP V. stádium	bilaterálně	-
5	Úplná nevidomost	ROP V. stádium	bilaterálně	-
6	Praktická nevidomost	ROP IV. - V. Stádium, RUSH forma	OL – ostrost 1,5/60 OP – světlocit se správnou projekcí	-
7	Úplná nevidomost	Septooptická dysplázie	bilaterálně	Deficit STH, TSH a ACTH
8	Úplná nevidomost	ROP V. stádium	bilaterálně	-
9	Úplná nevidomost	glaucom	bilaterálně	dyspraxie
10	Úplná nevidomost	Mikroftthalmus OL Aniridie I. typu	bilaterálně	-

## 4.2 Stabilometrické vyšetření

Před stabilometrickým vyšetřením byla zjištěna výška a hmotnost probandů a byla odebrána zrková anamnéza.

Vyšetření probíhalo v klidné, osvětlené místnosti posturografické laboratoře na Neurologické klinice 2. Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Motol. Při jednotlivých vyšetření byly odlišné laboratorní podmínky – teplota, množství kyslíku a vlhkost vzduchu. K měření posturální stability byla použita posturografická plošina KISTLER 9286BA (Medtec, Itálie) se 4 pizelektrickými snímači v každém rohu. Vzorkovací frekvence silové plošiny byla 40 Hz.

Probandi byli změřeni bez bot a ve volném oblečení ve všech posturálních situacích s vyloučením zrkové kontroly. Probandi kontrolní skupiny a probandi s praktickou nevidomostí byli tedy měřeni se zavřenýma očima.

Probandi byli instruováni k udržení co nejklidnějšího bipedálního stoje s HKK volně visícími podél těla. V podmínkách s lehkým dotykem byli probandi informováni o snaze udržet co nejjemnější dotyk ukazováku PHK s následujícím nastavením HK: ramenní kloub v neutrálním postavení, loket ve flexi 90°, předloktí v pronaci, zápěstí v neutrálním postavení s prsty volně drženy v lehké abdukci a extenzi. V posturální situaci tandemového stoje měli probandi vpředu vždy PDK. Pro některé probandy bylo nemožné udržet zcela zúženou bázi, proto byla povolena co nejmenší ZR v kyčli vedoucí k udržení posturální stability.

Měření obsahovalo celkem 5 posturálních situací měřených bez a s přidáním lehkého dotyku. Každý test trval 30 sekund. Začátek měření si probandi rozhodovali sami, konec měření byl vždy nahlášený. Snaha byla, aby při měření nedocházelo k přerušení. Při podmínce stoje v tandemu docházelo k výstupům z předem určené opěrné báze a probandi tak byli navedeni znovu se do této pozice navrátit. Poté byla odebrána informace o subjektivní obtížnosti ve škále 1 – 10.

Měření probíhala v následujícím pořadí. V závorce za jednotlivými testy jsou uvedeny níže používané zkratky.

#### 4.2.1 Vyšetřované posturální situace

1. Paralelní stoj (PS)
2. Paralelní stoj s hmatovým vjemem (PSLT) -
3. Paralelní stoj s extenzí hlavy (PSEH)
4. Paralelní stoj se záklonem hlavy s hmatovým vjemem (PSEHLT)
5. Paralelní stoj na pěnové podložce (PSF)
6. Paralelní stoj na pěnové podložce s hmatovým vjemem (PSFLT)
7. Paralelní stoj na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEH)
8. Paralelní stoj na pěnové podložce se záklonem hlavy a hmatovým vjemem (PSFEHLT)
9. Tandemový stoj (TS)
10. Tandemový stoj s lehkým dotykem (TSLT)

##### Popis posturálních situací

PS – paralelní stoj s HKK volně visícími podél těla, s chodidly umístěnými uprostřed silové plošiny a svírajícími úhel  $30^\circ$ . V následující podmínce SLT je přidán lehký dotyk ukazováku pravé HK měřícího a měřeného.

PSEH – paralelní stoj s HKK volně visícími podél těla, s chodidly umístěnými uprostřed silové plošiny a svírajícími úhel  $30^\circ$  a s hlavou v extenzi. V následující podmínce SEHLT je přidán lehký dotyk ukazováku.

PSF – paralelní stoj s HKK volně visícími podél těla, s chodidly umístěnými na pěnové podložce. V následující podmínce SFLT je přidán lehký dotyk ukazováku.

PSFEH – paralelní stoj s HKK volně visícími podél těla, s chodidly umístěnými na pěnové podložce a hlava je v extenzi  $100^\circ$ , či u kontrolní skupiny zpozorován smajlík pod stropem a poté zavřeny oči. V následující podmínce SFEHLT je přidán lehký dotyk ukazováku.

TS – tandemový stoj s PDK vpředu, HKK volně visícími podél těla. V této situaci je snížena opěrná báze. V následující podmínce TSLT je přidán lehký dotyk ukazováku.



**Obrázek 7.** Měření prakticky nevidomé probandky v posturální situaci PSLT na stabilometrické plošině. Vlevo na zemi lze vidět pěnovou podložku použitou pro měření.



### 4.3 Statistická analýza

Software připojený ke stabilometrické plošině KISTLER 9286BA (Medtec, Itálie) umožňoval exportovat informace o jednotlivých měřeních do souboru v podobě MS Excel.

Pro statistické zpracování byl použit vícefaktorový test ANOVA (analysis of variance). Pro hladinu významnosti byla určena hodnota  $p < 0,05$ . Pro ověření hypotézy byl použit nepárový t-test, jehož součástí je také F-test podobnosti rozptylů. Pro objektivní měření na stabilometrické plošině byly použity parametry celkové dráhy COP, celkové rychlosti COP a celkové plochy COP.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Subjektivní hodnocení obtížnosti jednotlivých posturálních situací

#### 5.1.1 Hodnocení rozdílu mezi skupinami

**Tabulka 3.** Hodnocení subjektivní obtížnosti posturálních situací mezi skupinami pomocí relativního rozdílu: SD – směrodatná odchylka, V – variační koeficient; relativní rozdíl považuje referenční hodnotu skupinu N.

Posturální situace	skupina	Minimum	Maximum	medián	průměr	relativní rozdíl	SD	V
PS	N	1	3	1	1,3	100%	0,64	49%
	K	2	3	3	2,6		0,49	19%
PSLT	N	1	4	1	1,8	-17%	1,17	65%
	K	1	3	1	1,5		0,67	45%
PSEH	N	1	10	3	4	-33%	2,68	67%
	K	1	5	3	2,7		1,00	37%
PSEHLT	N	1	9	2,5	3,6	-44%	2,69	75%
	K	1	3	2	2		0,77	39%
PSF	N	3	10	4,5	5,4	-9%	2,06	38%
	K	2	6	4,5	4,9		0,94	19%
PSFLT	N	2	9	5	5,2	-27%	2,18	42%
	K	4	5	4	3,8		1,25	33%
PSFEH	N	3	10	6	6,6	-24%	2,11	32%
	K	2	7	5	5		1,18	24%
PSFEHLT	N	2	10	5	5,8	-26%	2,56	44%
	K	3	7	4	4,3		1,35	31%
TS	N	3	10	8	7	1%	2,61	37%
	K	4	9	7	7,1		1,30	18%
TSLT	N	1	10	7,5	7	-11%	2,41	34%
	K	5	8	6,5	6,2		1,33	21%

Vyšlo najevo, že skupina N oproti skupině K subjektivně hodnotila pouze posturální situaci paralelní stoj (PS) o 100% a tandemový stoj (TS) o 1% snazší.

**Tabulka 4.** Statistická analýza subjektivního hodnocení pro všechny posturální situace mezi skupinami. F – Snedecorovo rozdělení, t – studentovo rozdělení

Posturální situace	skupina N		skupina K		F	t
	průměr	rozptyl	průměr	rozptyl		
PS	1,30	0,41	2,60	0,24	1,71	5,10
PSLT	1,80	1,17	1,50	0,67	1,74	0,70
PSEH	4,00	7,20	2,70	1,01	7,13	1,44
PSEHLT	3,60	2,69	2,00	0,77	3,75	2,72
PSF	5,40	4,24	4,90	0,89	4,76	0,70
PSFLT	5,20	2,18	3,80	1,25	1,75	2,39
PSFEH	6,60	4,44	5,00	1,40	3,17	2,09
PSFEHLT	5,80	2,56	4,30	1,35	1,90	2,40
TS	7,00	6,80	7,10	1,69	4,02	0,11
TSLT	7,00	2,41	6,20	1,33	1,82	1,31
					$F_{0,975} = 4,026$	$t_{tab} = 2,262$
<b>t &gt; t<sub>tab</sub> = zamítáme hypotézu o rovnosti středních hodnot, statisticky významný rozdíl</b>						

Jako statisticky lehčí se jevila posturální situace paralelní stoj (PS) pro skupinu K.

### 5.1.2 Hodnocení rozdílu po přidání lehkého dotyku

**Tabulka 5.** Hodnocení subjektivní obtížnosti posturální situací bez a s přidáním lehkého dotyku pomocí relativního rozdílu: referenční hodnota relativního rozdílu - průměrné hodnoty situací s lehkým dotykem. Relativní rozdíl považuje referenční hodnotu posturální situací s přidáním lehkého dotyku.

Posturální situace	skupina N		skupina K	
	Průměr	relativní Rozdíl	Průměr	relativní Rozdíl
PS	1,3	-28%	2,6	73%
PSLT	1,8		1,5	
PSEH	4	11%	2,7	35%
PSEHLT	3,6		2	
PSF	5,4	4%	4,9	29%
PSFLT	5,2		3,8	
PSFEH	6,6	14%	5	16%
PSFEHLT	5,8		4,3	
TS	7	0%	7,1	15%
TSLT	7		6,2	

Pro skupinu N byl paralelní stoj po přidání lehkého dotyku (PSLT) obtížnější a tandemový stoj (TSLT) lehký dotyk neusnadnil, naopak nejvíce usnadnil paralelní stoj na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEHLT).

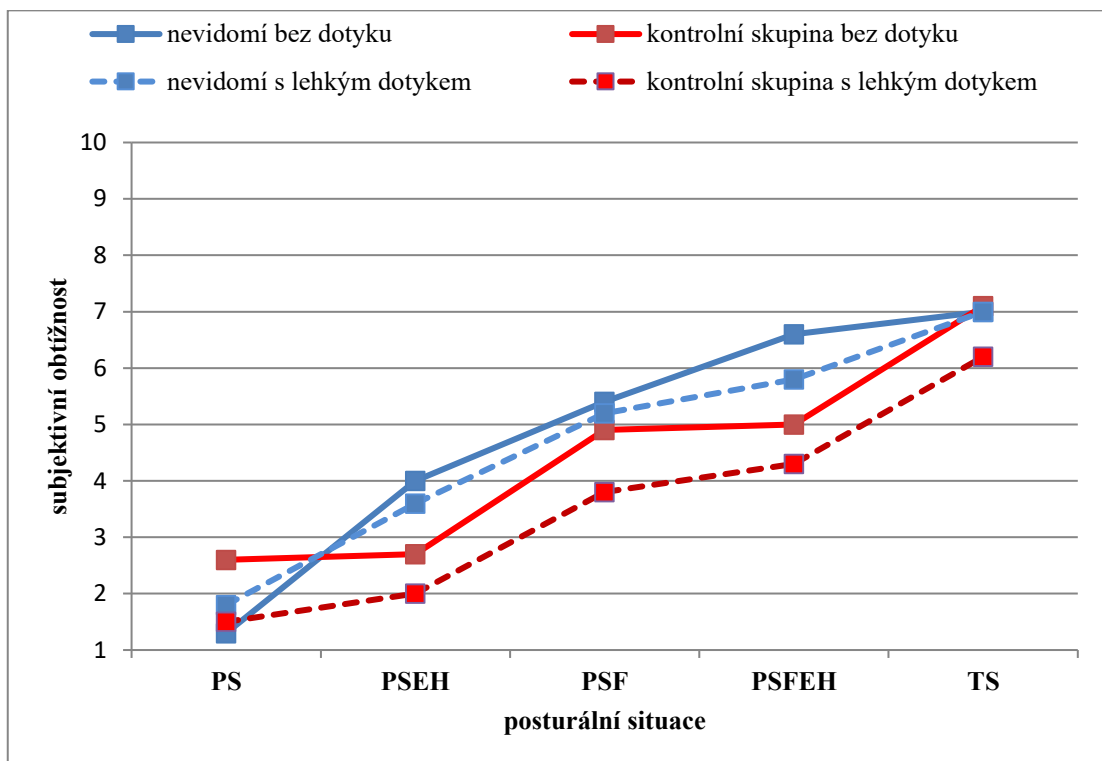
U skupiny K lehký dotyk nejvíce usnadnil paralelní stoj (PSLT) a nejméně usnadnil tandemový stoj (TSLT).

**Tabulka 6** Statistická analýza subjektivní obtížnosti posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: F – Snedecorovo rozdělení, t – studentovo rozdělení

Posturální situace	skupina N				skupina K			
	Průměr	rozptyl	F	t	Průměr	rozptyl	F	t
PS	1,30	0,41	2,84	1,26	2,60	0,24	2,80	3,64
PSLT	1,80	1,17			1,50	0,67		
PSEH	4,00	7,20	2,68	0,40	2,70	1,01	1,30	1,66
PSEHLT	3,60	2,69			2,00	0,77		
PSF	5,40	4,24	1,94	0,25	4,90	0,89	1,40	2,38
PSFLT	5,20	2,18			3,80	1,25		
PSFEH	6,60	4,44	1,73	0,96	5,00	1,40	1,04	1,34
PSFEHLT	5,80	2,56			4,30	1,35		
TS	7,00	6,80	2,82	0,00	7,10	1,69	1,27	1,65
TSLT	7,00	2,41			6,20	1,33		
							F <sub>0,975</sub> = 4,026	
							t, tab = 2,262	
<b>t &gt; t, tab = zamítáme hypotézu o rovnosti středních hodnot, rozdíl je statisticky významný</b>								

Jako statisticky lehčí se po přidání lehkého dotyku jevila posturální situace paralelní stoj (PSLT) pro skupinu K.

**Graf 1.** Hodnocení subjektivní obtížnosti



## 5.2 Hodnocení parametrů celkové dráhy COP

### 5.2.1 Hodnocení rozdílu mezi skupinami

**Tabulka 7.** Hodnocení celkové dráhy COP a porovnání mezi skupinami: SD – směrodatná odchylka, V – variační koeficient, referenční hodnota relativního rozdílu - průměrné hodnoty skupiny nevidomých probandů

Posturální situace	skupina	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Medián [mm]	Průměr [mm]	Relativní Rozdíl	SD [mm]	V
PS	N	245,6	745	310,2	383,6	54%	149,6	39%
	K	259,7	1513	418,4	589,4		434,8	74%
PSLT	N	208,2	237,4	282	329,6	34%	126,4	53%
	K	247,6	1412	343,6	443		326,7	74%
PSEH	N	261,8	708,8	369,8	445,8	16%	161,8	36%
	K	244,5	1532	405,5	518		926,7	179%
PSEHLT	N	250,2	682,8	352	373,8	17%	119,6	32%
	K	234,7	1424	330	438,5		334,1	76%
PSF	N	500,7	1492	977,8	997,1	33%	344,8	35%
	K	283,3	3840	1039	1328,2		353	27%
PSFLT	N	527,9	1426	714,3	817,2	20%	291,4	36%
	K	483,9	2761	687,7	979,5		648,6	66%
PSFEH	N	685,2	2540	1546	1627,3	-3%	683,1	42%
	K	720,7	6019	945,8	1575,8		1520,5	96%
PSFEHLT	N	536,4	2606	871,3	1101,2	-26%	634,3	58%
	K	596,3	1185	788,4	819,5		177,4	22%
TS	N	1070	4745	1555	1944	5%	1116,7	57%
	K	718,5	2960	2265	2046,6		795,3	39%
TSLT	N	777,8	2958	1535	1615,4	-17%	699,1	43%
	K	542,3	2236	1408,5	1342,7		462,6	34%

Skupina N měla V 7 z 10 posturální situacích průměrně lepší výsledky než skupina K. Nejlepší průměrné výsledky byly dosaženy v paralelním stoju bez (PS) a s přidáním lehkého dotyku (PSLT).

Skupina K byla lepší v paralelním stoju na pěnové podložce se záklonem hlavy bez (PSFEH) i s přidáním lehkého dotyku (PSFEHLT) a v tandemovém stoju s přidáním lehkého dotyku (TSLT).

Pro tento parametr nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi skupinami.

## 5.2.2 Hodnocení rozdílu po přidání lehkého dotyku

**Tabulka 8.** Hodnocení celkové dráhy COP a porovnání posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: referenční hodnota relativního rozdílu - průměrné hodnoty situací s lehkým dotykem

Posturální situace	skupina N		skupina K	
	Průměr [mm]	relativní Rozdíl	Průměr [mm]	relativní Rozdíl
PS	383,6		589,4	
PSLT	329,6	16 %	443	33 %
PSEH	445,8		518	
PSEHLT	373,8	19 %	438,5	18 %
PSF	997,1		1328,2	
PSFLT	817,2	22 %	979,5	36 %
PSFEH	1627,3		1575,8	
PSFEHLT	1101,2	48 %	819,5	92 %
TS	1944		2046,6	
TSLT	1615,4	20 %	1342,7	52 %

Ve všech situacích a u obou skupin došlo ke zlepšení průměrných hodnot celkové dráhy COP při přidání lehkého dotyku.

Celkově největší průměrné zlepšení po přidání lehkého dotyku bylo dosaženo u skupiny K v posturální situaci paralelního stoje na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEHLT). Nejmenší zlepšení se projevilo též u skupiny K v paralelním stoji s extenzí hlavy (PSEHLT).

U skupiny N došlo k největšímu průměrnému zlepšení v paralelním stoji na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEHLT) a k průměrnému nejmenšímu zlepšení došlo v paralelním stoji (PSLT).

**Tabulka 9.** Statistická analýza celkové dráhy COP posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: F – Snedecorovo rozdělení, t – studentovo rozdělení

Posturální situace	skupina N					skupina K				
	průměr	rozptyl	F	volnosti	t	průměr	rozptyl	F	volnosti	t
PS	383,6	22372,8	1,4	9,0	0,9	589,4	189043,2	1,8	9,0	0,9
PSLT	329,7	15965,8				443,0	106741,4			
PSEH	445,8	26180,8	1,8	9,0	1,1	518,0	124609,3	1,1	9,0	0,5
PSEHLT	373,8	14306,8				438,5	111650,2			
PSF	997,1	118870,6	1,4	9,0	1,3	1328,2	858858,3	2,0	9,0	1,0
PSFLT	817,2	84913,0				979,5	420686,2			
PSFEH	1101,2	466646,1	1,2	9,0	1,8	1575,8	2311855,6	73,5	16,4	1,6
PSFEHLT	1627,3	402384,8				819,5	31472,3			
TS	1615,4	1246995,8	2,6	9,0	0,8	2046,6	632427,0	3,0	9,0	2,4
TSLT	1944,0	488741,0				1342,7	213973,6			
					$t_9 = 2,131$	$t_{16,368} = 2,12$		$F_{,tabul} = 4,026$		

**$t > t_{tab} =$  zamítáme hypotézu o rovnosti středních hodnot, rozdíl je statisticky významný**

Statistické zlepšení po přidání lehkého dotyku v parametru celkové rychlosti bylo nalezeno v tandemovém (PSLT) pro skupinu K.

## 5.3 Hodnocení parametrů celkové rychlosti COP

### 5.3.1 Hodnocení rozdílu mezi skupinami

**Tabulka 10.** Hodnocení celkové rychlosti COP a porovnání mezi skupinami: SD – směrodatná odchylka, V – variační koeficient, referenční hodnota relativního rozdílu - průměrné hodnoty skupiny nevidomých probandů

Posturální situace	skupina	Minimum [mm/s]	Maximum [mm/s]	Medián [mm/s]	Průměr [mm/s]	relativní Rozdíl	SD [mm/s]	V
PS	N	8,187	24,83	10,34	12,79	54%	4,99	39%
	K	8,658	50,42	13,95	19,65		14,49	74%
PSLT	N	6,939	21,93	9,40	10,99	34%	4,21	38%
	K	8,253	47,07	11,45	14,77		10,89	74%
PSEH	N	8,728	23,63	12,33	14,86	16%	5,39	36%
	K	8,151	51,06	13,52	17,26		11,76	68%
PSEHLT	N	8,342	22,76	11,73	27,24	20%	3,99	15%
	K	16,13	92,04	22,93	32,65		21,62	66%
PSF	N	16,69	49,75	32,60	33,24	33%	11,50	35%
	K	9,444	128	34,65	44,27		30,89	70%
PSFLT	N	17,6	47,55	23,81	12,46	17%	9,71	78%
	K	7,825	47,45	11,00	14,62		11,13	76%
PSFEH	N	22,84	84,66	51,53	54,24	-3%	22,77	42%
	K	24,03	200,7	31,53	52,53		50,70	97%
PSFEHLT	N	17,88	86,86	29,05	36,71	-26%	21,14	58%
	K	19,88	39,51	26,28	27,32		5,91	22%
TS	N	35,67	158,2	51,84	64,81	5%	37,23	57%
	K	23,95	98,68	75,49	68,22		26,51	39%
TSLT	N	25,93	98,62	51,16	53,85	-17%	23,31	43%
	K	18,08	74,52	46,96	44,75		15,42	34%

Skupina N měla v 7 z 10 posturálních situacích průměrně lepší výsledky než skupina K celkově nejlepších výsledků bylo dosaženo v paralelním stoju (PS) a poté v paralelním stoju s přidáním lehkého dotyku (PSLT).

Skupina K byla lepší v paralelním stoju na pěnové podložce s extenzí hlavy a s přidáním lehkého dotyku (PSFEHLT), v tandemovém stoju s lehkým dotykem (TSLT) a v paralelním stoju na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEH).

Pro tento parametr nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi skupinami.

### 5.3.2 Hodnocení rozdílu po přidání lehkého dotyku

**Tabulka 11.** Hodnocení celkové rychlosti COP a porovnání posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: referenční hodnota relativního rozdílu – průměrné hodnoty situací s lehkým dotykem.

Posturální situace	skupina N		skupina K	
	Průměr [mm/s]	relativní Rozdíl	Průměr [mm/s]	relativní Rozdíl
PS	12,8	16%	19,6	32%
PSLT	11		14,8	
PSEH	14,9	19%	17,3	18%
PSEHLT	12,5		14,6	
PSF	33,2	22%	44,3	36%
PSFLT	27,2		32,6	
PSFEH	54,2	48%	52,5	92%
PSFEHLT	36,7		27,3	
TS	64,8	20%	68,2	52%
TSLT	53,8		44,8	

Ve všech situacích a u obou skupin došlo ke zlepšení průměrných hodnot celkové rychlosti COP při přidání lehkého dotyku.

Celkově největší průměrné zlepšení po přidání lehkého dotyku nastalo u skupiny K v paralelním stoji na pěnové podložce (PSFEHLT). U této skupiny došlo k nejmenšímu zlepšení k nejmenšímu zlepšení v situaci paralelního stoje se záklonem hlavy (PSEHLT).

U skupiny N se též projevilo největší zlepšení v paralelním stoji na pěnové podložce (PSFEHLT) a nejmenší zlepšení bylo v paralelním stoji (PSLT).

**Tabulka 12.** Statistická analýza celkové rychlosti COP posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: F – Snedecorovo rozdělení, t – studentovo rozdělení

Posturální situace	skupina N					skupina K				
	průměr	rozptyl	F	volnosti	t	průměr	rozptyl	F	volnosti	t tab
PS	12,79	24,85	1,40	9,00	0,87	19,65	209,96	1,77	9,00	0,85
PSLT	10,99	17,73				14,77	118,63			
PSEH	14,86	29,10	1,83	9,00	1,13	17,26	138,41	1,12	9,00	0,52
PSEHLT	12,46	15,90				14,62	123,94			
PSF	33,24	132,20	1,40	9,00	1,26	44,27	954,18	2,04	9,00	0,98
PSFLT	27,24	94,35				32,65	467,48			
PSFEH	54,24	518,48	1,16	9,00	1,78	52,53	2570,61	73,48	16,37	1,56
PSFEHLT	36,71	446,91				27,32	34,98			
TS	64,81	1386,43	2,55	9,00	0,79	68,22	702,76	2,96	9,00	2,42
TSLT	53,85	543,27				44,75	237,69			
					$t_9 = 2,131$	$t_{16,368} = 2,179$		$F_{,tabul} = 4,026$		
<b>t &gt; t, tab = zamítáme hypotézu o rovnosti středních hodnot, rozdíl je statisticky významný</b>										

Statistické zlepšení po přidání lehkého dotyku v parametru celkové rychlosti bylo nalezeno v tandemovém (PSLT) pro skupinu K.



## 5.4 Hodnocení parametrů celkové plochy COP

### 5.4.1 Hodnocení rozdílu mezi skupinami

**Tabulka 13.** Hodnocení celkové plochy COP a porovnání mezi skupinami, SD – směrodatná odchylka, V – variační koeficient, referenční hodnota relativního rozdílu – průměrné hodnoty skupiny nevidomých probandů

Posturální situace	skupina	Minimum [mm <sup>2</sup> ]	Maximum [mm <sup>2</sup> ]	medián [mm <sup>2</sup> ]	průměr [mm <sup>2</sup> ]	relativní rozdíl	SD [mm <sup>2</sup> ]	V
PS	N	232,8	2776	442,45	739,73	129%	742,3943	100%
	K	232	9283	474,55	1693,05		2702,955	160%
PSLT	N	137	3035	385,55	701,16	32%	829,3829	118%
	K	226,4	5718	388,6	926,23		1602,682	173%
PSEH	N	1263	14381	3121	4955,8	66%	4193,006	85%
	K	203,9	44869	3302,5	8210,89		12491,93	152%
PSEHLT	N	543,1	9669	1814	3131,81	41%	2674,446	85%
	K	810,2	24024	1995	4424,47		6637,914	150%
PSF	N	185,9	2729	720,2	1028,98	14%	794,9614	77%
	K	298	7026	421,15	1177,83		1967,63	167%
PSFLT	N	183	2262	558	866,71	36%	692,7311	80%
	K	191,3	7690	303,5	1175,79		2203,209	187%
PSFEH	N	1753	42578	10431,5	13880,1	-12%	12254,46	88%
	K	1419	85208	3257,5	12237,1		24447,22	200%
PSFEHLT	N	1139	61971	2269	9669,4	-76%	17789,25	184%
	K	1463	4539	1961,5	2363,5		989,0593	42%
TS	N	2491	37128	8300,5	12126,3	-3%	10825,72	89%
	K	1595	25876	11097	11793,7		7683,347	65%
TSLT	N	1369	33985	9753,5	10625	-55%	9395,364	88%
	K	1836	13821	3616	4807		3391,764	71%

Skupina N měla v 6 z 10 posturálních situacích průměrně lepší výsledky než skupina K. Celkově nejlepší výsledek vyšel v paralelním stoju (PS), nejmenšího rozdílu bylo dosaženo v paralelním stoju na pěnové podložce (PSF).

Skupina K byla lepší v paralelním stoju na pěnové podložce se záklonem hlavy bez (PSFEH) i s přidáním lehkého dotyku (PSFEHLT), kde ukázala nejlepší výsledek v tandemovém stoju bez (TS) i s přidáním lehkého dotyku (TSLT).

Pro tento parametr nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi skupinami.

#### 5.4.2 Hodnocení rozdílu po přidání lehkého dotyku

**Tabulka 14.** Hodnocení celkové plochy COP a porovnání posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: referenční hodnota relativního rozdílu - průměrné hodnoty situací s lehkým dotykem

Posturální situace	skupina N		skupina K	
	průměr [mm <sup>2</sup> ]	Relativní rozdíl	průměr [mm <sup>2</sup> ]	Relativní rozdíl
PS	739,73	6%	1693,05	83%
PSLT	701,16		926,23	
PSEH	1113,08	60%	1177,83	0%
PSEHLT	694,82		1175,79	
PSF	4955,8	50%	8210,89	86%
PSFLT	3303,7		4424,47	
PSFEH	13880,1	44%	12237,1	418%
PSFEHLT	9669,4		2363,5	
TS	12126,3	14%	11793,7	145%
TSLT	1065		4807	

Ve všech situacích a u obou skupin došlo ke zlepšení průměrných hodnot celkové rychlosti COP při přidání lehkého dotyku.

Celkově největší zlepšení, až čtyřnásobné, bylo dosaženo u skupiny K v paralelním stoji na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEHLT). U této skupiny nebyla téměř žádná změna v paralelním stoji se záklonem hlavy (PSEHLT).

U skupiny N vyšlo největší průměrné zlepšení v posturální situaci paralelního stoje se záklonem hlavy (PSEH) a nejmenší vyšlo v paralelním stoji (PS)

**Tabulka 15.** Statistická analýza celkové rychlosti COP posturálních situací bez a s přidáním lehkého dotyku: F – Snedecorovo rozdělení, t – studentovo rozdělení

Posturální situace	skupina N					skupina K				
	průměr	rozptyl	F	volnosti	t	průměr	rozptyl	F	volnosti	t
PS	739,73	551149	0,80	9,00	0,11	1693,05	7305963	2,84	9,00	0,77
PSLT	701,16	687876				926,23	2568589			
PSF	4955,80	17581301	2,69	9,00	1,06	8210,89	156048318	3,54	9,00	0,85
PSFLT	3303,70	6528628				4424,47	44061908			
PEH	1113,08	742045	2,79	9,00	1,32	1177,83	3871569	0,80	9,00	0,00
PEHLT	694,82	266119				1175,79	4854131			
PSFEH	13880,10	150171903	0,47	9,00	0,62	12237,10	597666741	610,96	12,35	1,28
PSFEHLT	9669,40	316457417				2363,50	978238			
TS	12126,30	117196212	1,33	9,00	0,33	11793,70	59033817	5,13	15,29	2,63
TSLT	10625,00	88272866				4807,00	11504060			
			$t_9 = 2,131$	$t_{15,291} = 2,262$		$t_{15,291} = 2,179$	$F_{,tabul} = 4,026$			
<b><math>t &gt; t_{,tab} =</math> nepřijímáme hypotézu o rovnosti středních hodnot, rozdíl je statisticky významný</b>										

Statistické zlepšení po přidání lehkého dotyku v parametru celkové rychlosti bylo nalezeno v tandemovém (PSLT) pro skupinu K.

## 6 DISKUZE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit vliv senzorické adaptace na posturální stabilitu stoje. Praktická část práce zpracovává dvě hlavní úlohy – subjektivní hodnocení obtížnosti jednotlivých testů a stabilometrické měření. Výsledky jsou zpracovány pomocí deskriptivní statistiky a pomocí t-testu, jehož součástí je F-test.

Všichni probandi byli měřeni s dotykem pravé HK. Na dominanci HKK v tomto případě nezáleželo, jelikož nevidomí jsou schopni k orientaci v prostoru pomocí jemné manipulace s bílou holí používat stejně obě ruce. Podle slov nevidomých probandů platí, že používají pro orientaci v prostoru bílou holí tu HK, na jejíž straně se nachází vodící linie. Navíc podle studie, kterou provedl Synek (1991) mělo 54% probandů dominanci PHK a 34% ambidextrií, tedy schopnost používat obě HKK. V druhé úloze probíhalo stabilometrické testování. Při testování nedošlo k objektivnímu měření síly dotyku potenciometrem, neboť by bylo technicky náročné tuto instalaci provést. To mohlo vést k lehké opoře probandů o prst. K předejití této situace byli probandi předem informováni o udržení co nejlehčího dotyku. U nevidomých probandů zřídka docházelo ke ztrátě kontaktu. Subjektivně byl dotyk nevidomých probandů zpočátku o mnoho jemnější, ale ve ztížených posturálních podmínkách měli větší tendenci prstem se opírat až chytat. Také měli větší tendenci než probandi kontrolní skupiny používat k dotyku špičku prstu, jakoby si chtěli svoje výchyly „čist“. Ve studii Schieppati, Schmidt et Sozzi (2014) tento lehký dotyk měřili a nevyšel mezi skupinou vidících a nevidomých probandů žádný statistický rozdíl.

První byla vypracována úloha subjektivní hodnocení obtížnosti jednotlivých posturálních situací, jejíž data byla získána z výpovědi probandů. K této úloze byly vytvořeny dvě hypotézy.

**H1:** Je statisticky významný rozdíl v subjektivním vnímání obtížnosti posturálních situací mezi probandy nevidomými a probandy kontrolní skupiny. U skupiny nevidomých probandů bude snazší udržet posturální stabilitu, jelikož jsou na zrakovou deprivaci adaptovaní. Tato hypotéza byla potvrzena pomocí F-testu a následně t-testu pro posturální situaci paralelního stoje (PS).

Měření bylo nevidomými probandy průměrně hodnoceno jako obtížnější oproti výpovědi probandů kontrolní skupiny. S výjimkou paralelního stoje s přidáním prstu (PSLT) měla obtížnost měření vzrůstající tendenci. Přidání lehkého dotyku ve většině případů subjektivně usnadnilo kontrolu posturální stability. Tato výjimka mohla být

způsobena několika faktory. Ačkoli jsem se snažila nabízet lehký dotyk svým ukazovákem jako co nejvíce stabilní bod, sama vykazují změny polohy COP (Příloha 2). Navíc posturální stabilizace nabízené HK je aktivní děj, jehož kvalita je ovlivněna mnoha faktory (Kolář et al., 2006). Tato nestabilita mohla být pro nevidomé rušivá v posturální situaci, která je pro ně běžná.

**H2:** Je statisticky významný rozdíl v subjektivním vnímání obtížnosti v posturálních situacích po přidání lehkého dotyku. Po přidání lehkého dotyku bude snazší udržet posturální stabilitu u obou skupin.

Tato hypotéza byla potvrzena, u kontrolní skupiny v posturálních situacích paralelní stoj (PSLT) a v paralelní stoj na pěnové podložce (PSFLT).

Pro vyhodnocení stabilometrického měření byly použity parametry celková dráha, celková rychlost a celková plocha COP. Pro tuto úlohu byly vytvořeny dvě hypotézy.

**H3:** Je statisticky významný rozdíl v parametrech COP mezi skupinou nevidomých a kontrolní skupinou. U nevidomých probandů budou parametry COP lepší, jelikož jsou na zrakovou deprivaci již adaptovaní.

Ve všech parametrech vyšla H3 při hodnocené F-testem a t-testem jako statisticky nevýznamná. Bylo to způsobeno pravděpodobně malým množstvím probandů, kteří měli veliký rozptyl hodnot. Proto jsme následovně zpracovali deskriptivní statistiku. V této statistice jsme pracovali především s hodnotou relativní rozdíl, kterou jsme získávali z rozdílu průměrných hodnot.

Pro všechny parametry COP vyšlo najevo, že skupina nevidomých probandů byla průměrně lepší, než kontrolní skupina. To potvrzuje studie, kterou popsal Simoneau et al.(1995), kde došel k výsledku, že posturální stabilita ve stoje bez zrakové kontroly hodnoty parametrů posturální stability zhorší až dvojnásobně.

Ve všech parametrech dosáhli nevidomí probandi nejlepších výsledků v posturální situaci paralelního stoje (PS). Podle mého tento výsledek vychází ze skutečnosti, že tato posturální situace je pro nevidomé zcela přirozená a běžná na rozdíl od vidících probandů bez zrakové kontroly.

Naopak ve všech parametrech COP prokazovali nevidomí průměrně horší výsledky oproti kontrolní skupině v posturálních situacích následovně: paralelní stoj na pěnové podložce se záklonem hlavy a přidáním lehkého dotyku (PSFEHLT), paralelní stoj na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEH) a tandemový stoj s přidáním lehkého dotyku (TSLT). V parametrech celkové dráhy COP a celkové rychlosti COP byl

dokonce dosažen stejný relativní rozdíl. Adamo et al. (2013) vytvořili studii u zdravých mladých dospělých v posturálních situacích bez a s pěnovou podložkou, bez a se záklonem hlavy a se zrakem a s vyloučením zraku. Vyšlo pro ně, že nejhorší parametry pro celkovou rychlost COP dosáhli v posturální situaci paralelního stoje na pěnové podložce se záklonem hlavy a bez zrakové kontroly. V parametru celkové plochy COP předvedli nevidomí probandi navíc horší výsledek v situaci tandemového stoje (TS). V tandemovém stoji bylo velmi těžké již dostat probandy do polohy takto zúžené báze. Někteří dokonce museli být nastaveni s mírnou ZR v kyčli na zadní DK. Toto může být způsobeno nedostatečnou špatným vývojem a nedostatečnou stabilizací kyčelních kloubů z toho důvodu, že mnoho z nich v psychomotorickém vývoji vynechává lokomoci lezením (Maida et McCune).

Jednalo se o posturální situace, které byly probandy subjektivně hodnoceny jako nejtěžší. Tyto výsledky tedy mohly být způsobeny tím, že nevidomí nemají možností rozvíjet své koordinační dovednosti. Tento fakt popsal Janečka a Bláha (2013) ve své studii, ve které pomocí funkčních testů vyšetřovali svalovou sílu DKK, koordinaci a posturální stabilitu u nevidomých dětí ve věku 7 – 16 let pomocí testů skoku z místa do dálky, počtu leh-sedů a výdrži ve shybu a též v hodnocení posturální stability pomocí flamingo testu. Ve všech testech byla skupina nevidomých význačně horší. Dále to může být způsobeno tím, že psychomotorický vývoj vrozeně nevidomých osob je opožděný (Bigelow, 1986; Wieners et al., 2010; Maida et McCune, 1996) a nikdy tak nedosáhne úplné kvality, jelikož zrak je velmi důležitý v psychomotorickém vývoji (Bremner et Slater, 2004).

**H4:** Je statisticky významný rozdíl mezi parametry COP po přidání hmatového vjemu u obou skupin, výraznější u skupiny nevidomých probandů, jelikož mají z důvodu zrakové deprivace vytvořenou adaptaci somatosenzorického systému.

Ve všech parametrech COP bylo nalezeno statistické zlepšení po přidání lehkého dotyku u kontrolní skupiny v posturální situaci tandemový stoj (TSLT). Avšak u skupiny nevidomých probandů již ke statistickému zlepšení nedošlo. To vylučuje hypotézu H3.

Při zpracování deskriptivní statistiky, v němž se porovnával relativní rozdíl průměrných hodnot po přidání lehkého dotyku pro skupiny zvlášť, vyšlo najevo ve všech případech zlepšení parametrů COP po přidání lehkého dotyku.

U nevidomých probandů bylo ve všech parametrech dosaženo nejmenšího zlepšení v posturální situaci paralelního stoje. (PSLT). U kontrolní skupiny toto neplatilo. Tento výsledek koreluje s výpovědí subjektivního hodnocení obtížnosti

posturálních situací probandy, kde někteří z nich byli schopni tuto situaci zhodnotit jako obtížnější.

V parametrech celkové dráhy a celkové rychlosti COP bylo vždy dosaženo největšího zlepšení po přidání lehkého dotyku při paralelním stoji na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEHLT) a v parametru celkové plochy výchylek vyšlo největší relativní zlepšení v situaci paralelního stoje se záklonem hlavy (PSEHLT). Podle studie Szczygiel et al. (2016) záklon hlavy snižuje napětí posturálních svalů břicha a svalů DKK, podle Jackson et Epstein (2016) zhoršuje propriocepci z krční páteře a podle Brandt et al. (1981) odlišné nastavení labyrintu vnitřního ucha snižuje citlivost vestibulárního systému. Navíc přidání pěnové podložky výrazně potlačí somatosenzorický input, ale na druhou stranu zvýší opěrnou plochu (Hahn, 2015).

Šlo tedy o posturální situace s největší možnou kombinací ztížených podmínek somatosenzorického a vestibulárního vstupu. Lehký dotyk fungoval jako další somatosenzorický vstup, proto takto zhoršenou posturální situaci mohl zlepšit.

Lze říci, že hraniční hodnoty průměrných rozdílů parametrů COP posturálních situacích bez přidání lehkého dotyku a s přidáním lehkého dotyku korelovaly nepřímo úměrně.

Překvapivé bylo, že zlepšení bylo často výraznější u kontrolní skupiny. Například v měření parametru celkové plochy COP dosáhli v posturální situaci paralelního stoje na pěnové podložce se záklonem hlavy (PSFEHLT) více než čtyřnásobné zlepšení. Přitom podle Simoneau et al. (1995) při testování stoje bez zrakové kontroly se hodnoty parametrů posturální stability zhorší až dvojnásobně. Možná to bylo způsobeno malým množstvím probandů a nevyvážeností jejich motorických koordinačních dovedností. Skupinu K tvořili též studenti 1. ročníku fyzioterapie 2. Lékařské fakulty a žádný z vyšetřovaných osob z kontrolní skupiny neměl motorický, ani neurologický deficit. Oproti tomu skupinu nevidomých probandů tvořili též probandi s diagnózou dyspraxie, probandka s deficitem STH, TSH a ACTH a probandka s opakovanou distorzí hlezna.. Wikstrom et al. (2010) vyšetřoval mladé probandy s chronickou distorzí hlezna a probandy z kontrolní skupiny ve stoji na jedné noze. Probandi s opakovanou chronickou distorzí hlezna měli oproti probandům bez úrazů horší parametry rychlosti COP v antero-posteriorním i medio-laterálním směru.

## ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce obsahovala dvě hlavní části. V první části byly popsány poznatky týkající se posturální stability a jejího řízení s ohledem na všechny aspekty, které ji ovlivňují. Dále jsem ji více specifikovala na posturální stabilitu u nevidomých osob. Věnovali jsme se jejímu vývoji a rozdílu u nevidomých dětí a popsali studie, které vyšetřovali posturální stabilitu nevidomých osob. Všechny tyto studie prokazují senzoricou adaptaci vestibulárního i somatosenzorického systému při zrakové deprivaci. V druhé části jsme zpracovali téma zrakové postižení. Nejprve jsme popsali fyziologii zrakového - jeho anatomie, neurofyziologii, vývoj a následně jsme popsali jeho patologii – vyšetření a diagnostiku zrakového postižení, klasifikaci nevidomosti, shrnuli jsme některé poznatky z epidemiologických studií a jako příklady etiologie nevidomosti jsme uvedli syndromy probandů. Poslední kapitolu jsme věnovali poučné části o tom, jaké mají nevidomí práva a jak s takovýmito pacienty komunikovat.

V praktické části jsme zpracovali otázku senzoricke adaptace po přidání lehkého dotyku u nevidomých osob ve věku 10 až 20 let vzhledem k posturální stabilitě v různých posturální situacích. K porovnání jsme použili stejně starou skupinu osob bez zrakového deficitu, kterou jsme změřili se zavřenými očima. Po každém testu jsme provedli dotazník na obtížnost jednotlivých posturálních situací ve stupnici 1-10. Pro hodnocení parametrů COP jsme použili celkovou dráhu, celkovou rychlost a celkovou plochu COP. Tyto výsledky jsme zpracovali pomocí deskriptivní statistiky a podle statistického F-testu a t-testu. Nebyl dosažen žádný statistický rozdíl mezi skupinami pro všechny posturální situace. To mohlo být způsobeno příliš malým množstvím probandů, které měli velký rozptyl. Statistický rozdíl se však projevil u porovnání mezi posturálními situacemi bez a s přidáním lehkého dotyku. Pro celkovou dráhu, rychlost a plochu byl u kontrolní skupiny nalezeno zlepšení v situaci tandemového stoje, ale nevidomí probandí statisticky významné zlepšení nepředvedli. Lze tedy říci, že lehký dotyk zlepšuje posturální stabilitu, ale nelze potvrdit, že nevidomých probandů statisticky více.

## REFERENČNÍ SEZNAM

AAOS, P. C. Posture and its Relationship to Orthopaedic Disabilities. A Report of the Posture Committee of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1947.

ASSAIANTE, C. Action and representation of action during childhood and adolescence: A functional approach. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* [online]. 2012, **42**(1-2), 43-51 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1016/j.neucli.2011.09.002. ISSN 09877053. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0987705311000827>

BENEŠ, Pavel. *Zraková postižení: behaviorální přístupy při edukaci s pomůckami*. Praha: Grada, 2019. Pedagogika (Grada). ISBN 9788027121106.

BIGELOW, Ann E. The development of reaching in blind children. *British Journal of Developmental Psychology* [online]. 1986, **4**(4), 355-366 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1111/j.2044-835X.1986.tb01031.x. ISSN 0261510X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.2044-835X.1986.tb01031.x>

BIRO, F., H. L. GEWANTER a J. BAUM. THE HYPERMOBILITY SYNDROME. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. 1984, **4**(2) [cit. 2019-07-03]. DOI: 10.1097/01241398-198403000-00029. ISSN 0271-6798. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=01241398-198403000-00029>

BIZOVSKÁ, Lucia at al. *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1. vydání, 2017. ISBN 978-80-244-5260-9.

BRANDT, Th., S. KRAFCZYK a I. MALSSENDEN. POSTURAL IMBALANCE WITH HEAD EXTENSION: IMPROVEMENT BY TRAINING AS A MODEL FOR ATAXIA THERAPY. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. 1981, **374**(1 Vestibular an), 636-649 [cit. 2019-08-08]. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1981.tb30907.x. ISSN 0077-8923. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-6632.1981.tb30907.x>

BREMNER, Gavin a Alan SLATER, ed. *Theories of Infant Development* [online]. Malden, MA, USA: Blackwell Publishing, 2004 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1002/9780470752180. ISBN 9780470752180.



BRODSKY, Michael C. *Pediatric Neuro-Ophthalmology* [online]. New York, NY: Springer New York, 2016 [cit. 2019-03-10]. ISBN 978-1-4939-3382-2.

BROWN, L. A., A. SHUMWAY-COOK a M. H. WOOLLACOTT. Attentional Demands and Postural Recovery: The Effects of Aging. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* [online]. 1999, **54**(4), M165-M171 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1093/gerona/54.4.M165. ISSN 1079-5006. Dostupné z: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/54.4.M165>

BROWN, M. C., I. ENGBERG a P. B. C. MATTHEWS. The relative sensitivity to vibration of muscle receptors of the cat. *The Journal of Physiology* [online]. 1967, **192**(3), 773-800 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1113/jphysiol.1967.sp008330. ISSN 00223751. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.1967.sp008330>

BURLEIGH, A. a F. HORAK. Influence of instruction, prediction, and afferent sensory information on the postural organization of step initiation. *Journal of Neurophysiology* [online]. 1996, **75**(4), 1619-1628 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1152/jn.1996.75.4.1619. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.1996.75.4.1619>

CALVERT, Gemma, Charles SPENCE a Barry E. STEIN. *The handbook of multisensory processes*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2004. ISBN 9780262033213.

CAMERON, Michelle H. a Linda G. MONROE. *Physical rehabilitation: evidence-based examination, evaluation, and intervention*. St. Louis, Mo.: Saunders/Elsevier, c2007. ISBN 978-0721603612.

CECH, Donna a Suzanne MARTIN. *Functional Movement Development Across the Life Span* [online]. St. Louis, Mo: Elsevier, 2012 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1016/C2009-0-60730-3. ISBN 9781416049784.

COLNÉ, P., M.L. FRELUT, G. PÉRÈS a P. THOUMIE. Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. *Gait & Posture* [online]. 2008, **28**(1), 164-169 [cit. 2019-03-16]. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.11.006. ISSN 09666362. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096663620700272X>

COUSER, Natario L. *Ophthalmic Genetic Diseases: A Quick Reference Guide to the Eye and External Ocular Adnexa Abnormalities*. Richmond, VA, United States: Elsevier, 2018. ISBN 9780323654159.

ČELEDOVÁ, Libuše, Zdeněk KALVACH a Rostislav ČEVELA. *Úvod do gerontologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3404-3.

DI CAGNO, Alessandra, Arrigo GIOMBINI, Enzo IULIANO, et al. Acute effect of whole body vibration on postural control in congenitally blind subjects: a preliminary evidence. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2017, **40**(22), 2632-2636 [cit. 2019-07-25]. DOI: 10.1080/09638288.2017.1353650. ISSN 0963-8288. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638288.2017.1353650>

DYLEVSKÝ, Ivan. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1649-7.

EASTON, R. D., Anthony J. GREENE, Paul DIZIO a James R. LACKNER. Auditory cues for orientation and postural control in sighted and congenitally blind people. *Experimental Brain Research* [online]. 1998, **118**(4), 541-550 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1007/s002210050310. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s002210050310>

FABBRI-DESTRO, Maddalena a Giacomo RIZZOLATTI. Mirror Neurons and Mirror Systems in Monkeys and Humans. *Physiology* [online]. 2008, **23**(3), 171-179 [cit. 2019-08-02]. DOI: 10.1152/physiol.00004.2008. ISSN 1548-9213. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/physiol.00004.2008>

FERRELL, William R., Nicola TENNANT, Roger D. STURROCK, Linda ASHTON, Gisela CREED, Gillian BRYDSON a Daniel RAFFERTY. Amelioration of symptoms by enhancement of proprioception in patients with joint hypermobility syndrome. *Arthritis & Rheumatism* [online]. 2004, **50**(10), 3323-3328 [cit. 2019-07-03]. DOI: 10.1002/art.20582. ISSN 0004-3591. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/art.20582>

GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, c2005. ISBN 80-7262-311-7.

HADDERS-ALGRA, Mijna a Eva Brogren CARLBERG. *Postural control: a key issue in developmental disorders*. London: Mac Keith, 2008. Clinics in developmental medicine. ISBN 1898683573.

HAHN, Joohee, Seonhae SHIN a Wanhee LEE. The effect of modified trampoline training on balance, gait, and falls efficacy of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2015, **27**(11), 3351-3354 [cit. 2019-08-08]. DOI: 10.1589/jpts.27.3351. ISSN 0915-5287. Dostupné z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/11/27\\_jpts-2015-444/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/11/27_jpts-2015-444/_article)

HORAK, F. B. a L. M. NASHNER. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology* [online]. 1986, **55**(6), 1369-1381 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1152/jn.1986.55.6.1369. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.1986.55.6.1369>

HORAK, Fay B. a Jane M. MACPHERSON. Postural Orientation and Equilibrium. TERJUNG, Ronald, ed. *Comprehensive Physiology* [online]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2010, 2011 [cit. 2018-11-03]. DOI: 10.1002/cphy.cp120107. ISBN 9780470650714. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/cphy.cp120107>

HORAK, Fay B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing* [online]. 2006, **35**(suppl\_2), ii7-ii11 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1093/ageing/afl077. ISSN 1468-2834. Dostupné z: [http://academic.oup.com/ageing/article/35/suppl\\_2/ii7/15654/Postural-orientation-and-equilibrium-what-do-we](http://academic.oup.com/ageing/article/35/suppl_2/ii7/15654/Postural-orientation-and-equilibrium-what-do-we)

CHONG, Raymond K. Y., Fay B. HORAK a Marjorie H. WOOLLACOTT. Time-dependent influence of sensorimotor set on automatic responses in perturbed stance. *Experimental Brain Research* [online]. 1999, **124**(4), 513-519 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1007/s002210050647. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s002210050647>

IULIANO, Enzo, Alessandra DI CAGNO, Giovanna AQUINO, Giovanni FIORILLI, Pasquale MIGNOGNA, Giuseppe CALCAGNO a Alfonso DI COSTANZO. Effects of different types of physical activity on the cognitive functions and attention in older

people: A randomized controlled study. *Experimental Gerontology* [online]. 2015, 70, 105-110 [cit. 2019-08-03]. DOI: 10.1016/j.exger.2015.07.008. ISSN 05315565.

Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0531556515300164>

JACKSON, Richard T. a Charles M. EPSTEIN. Effect of Head Extension on Equilibrium in Normal Subjects. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology* [online]. 2016, 100(1), 63-67 [cit. 2019-08-08]. DOI: 10.1177/000348949110000110. ISSN 0003-4894. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000348949110000110>

JANEČKA, Zbyněk a Ladislav BLÁHA. *Motorické kompetence osob se zrakovým postižením*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3953-2.

JEKA, John J., Randolph D. EASTON, Billie L. BENTZEN a James R. LACKNER. Haptic cues for orientation and postural control. *Perception & Psychophysics* [online]. 1996, 58(3), 409-423 [cit. 2019-07-30]. DOI: 10.3758/BF03206817. ISSN 0031-5117. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.3758/BF03206817>

JELLEMA, Tjeerd, Chris I. BAKER, Michael W. ORAM, David I. PERRETT, Andrew N. MELTZOFF a Wolfgang PRINZ. Cell populations in the banks of the superior temporal sulcus of the macaque and imitation. MELTZOFF, Andrew N. a Wolfgang PRINZ, ed. *The Imitative Mind* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, s. 267-290 [cit. 2019-08-02]. DOI: 10.1017/CBO9780511489969.016. ISBN 9780511489969.

Dostupné

z:

[https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9780511489969A026/type/book\\_part](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9780511489969A026/type/book_part)

Johansson RS, Vallbo AB. Tactile sensibility in the human hand: relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin. *J Physiol*. 1979;286:283-300.

KLENKOVÁ, Jiřina. *Logopedie: narušení komunikační schopnosti, logopedická prevence, logopedická intervence v ČR, příklady z praxe*. Praha: Grada, 2006. Pedagogika (Grada). ISBN 9788024711102.

KOCUR, I. Causes of severe visual impairment and blindness in children attending schools for the visually handicapped in the Czech Republic. *British Journal of Ophthalmology* [online]. 85(10), 1149-1152 [cit. 2018-11-20]. DOI:

10.1136/bjo.85.10.1149. ISSN 00071161. Dostupné z:  
<http://bjo.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjo.85.10.1149>

KOLARČÍK, Lukáš, Václav DEDEK a Michal PTÁČEK. *Průručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-5458-1.

KOLÁŘ, Pavel a Miloš MÁČEK. *Základy klinické rehabilitace*. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-219-0.

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626571.

KOUKOLÍK, František. *Rozhodování: eseje*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3364-0.

KRAUS, Josef. *Dětská mozková obrna*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1018-8.

KRISHNAMOORTHY, Vijaya, Harm SLIJPER a Mark LATASH. Effects of different types of light touch on postural sway. *Experimental Brain Research* [online]. 2002, **147**(1), 71-79 [cit. 2019-03-26]. DOI: 10.1007/s00221-002-1206-6. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-002-1206-6>

KROUPOVÁ, Kateřina. *Slovník speciálněpedagogické terminologie: vybrané pojmy*. Praha: Grada, 2016. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5264-8.

KULIŠŤÁK, Petr. *Klinická neuropsychologie v praxi*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2017. ISBN 9788024630687.

LATASH, Mark L. *Neurophysiological basis of movement*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, c2008. ISBN 978-0736063678.

LATASH, Mark L. *Progress in motor control: Bernstein's traditions in movement studies*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. ISBN 9780880116749.

LEE, Brian J. a Elias I. TRABOULSI. Update on the Morning Glory Disc Anomaly. *Ophthalmic Genetics* [online]. 2009, **29**(2), 47-52 [cit. 2019-03-10]. DOI: 10.1080/13816810801901876. ISSN 1381-6810. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13816810801901876>

LEE, David N. 16 Visuo-Motor Coordination in Space-Time. *Tutorials in Motor Behavior* [online]. Elsevier, 1980, 1980, s. 281-295 [cit. 2019-08-09]. Advances in

Psychology. DOI: 10.1016/S0166-4115(08)61951-2. ISBN 9780444854667. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166411508619512>

LEWIT, Karel. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. 5. přeprac. vyd. Praha: Sdělovací technika ve spolupráci s Českou lékařskou společností J.E. Purkyně, c2003. ISBN 80-86645-04-5.

LONGE, Olivia, Carl SENIOR a Gina RIPPON. The Lateral and Ventromedial Prefrontal Cortex Work as a Dynamic Integrated System: Evidence from fMRI Connectivity Analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience* [online]. 2009, **21**(1), 141-154 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1162/jocn.2009.21012. ISSN 0898-929X. Dostupné z: <http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/jocn.2009.21012>

MAIDA, S. O., McCUNE, L. A dynamic systems approach to the development of crawling by blind and sighted infants. *RE:view*. 1996, 28(3), 119-134.

MARTIN, James Purdon. *The basal ganglia and posture*. Lippincott, 1967. ISBN 9780272756706

MCCOLLUM, Gin a Todd K. LEEN. Form and Exploration of Mechanical Stability Limits in Erect Stance. *Journal of Motor Behavior* [online]. 1989, **21**(3), 225-244 [cit. 2019-07-27]. DOI: 10.1080/00222895.1989.10735479. ISSN 0022-2895. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222895.1989.10735479>

MĚKOTA, Karel a Jiří NOVOSAD. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0981-x.

MELZER, Itshak, Elad DAMRY, Anat LANDAU a Ronit YAGEV. The influence of an auditory–memory attention-demanding task on postural control in blind persons. *Clinical Biomechanics* [online]. 2011, 26(4), 358-362 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2010.11.008. ISSN 02680033. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268003310003025>

*Mezinárodní klasifikace nemocí: mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů ve znění 10. decennální revize*. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky, 1996. ISBN 80-901856-4-9.

- NAKATA, Hideo a Kyonosuke YABE. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. *Gait & Posture* [online]. 2001, **14**(1), 36-43 [cit. 2019-07-25]. DOI: 10.1016/S0966-6362(00)00100-4. ISSN 09666362. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636200001004>
- NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie. 2., dopl. a přeprac. vyd.* Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
- NASHNER, Lewis M. a Gin MCCOLLUM. The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. *Behavioral and Brain Sciences* [online]. 1985, **8**(01) [cit. 2018-11-04]. DOI: 10.1017/S0140525X00020008. ISSN 0140-525X. Dostupné z: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0140525X00020008](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0140525X00020008)
- NOVÁKOVÁ, Tereza. *Předpoklady primární plavecké gramotnosti v raném věku.* Praha: Karolinum, 2015. ISBN 9788024628592.
- PASTUCHA, Dalibor. *Pohyb v terapii a prevenci dětské obezity.* Praha: Grada, 2011. ISBN 8024740656.
- PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly.* Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4837-5.
- PATLA, Aftab E. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture* [online]. 1997, **5**(1), 54-69 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1016/S0966-6362(96)01109-5. ISSN 09666362. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636296011095>
- PETERKA, R. J. Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2002, **88**(3), 1097-1118 [cit. 2019-02-09]. DOI: 10.1152/jn.2002.88.3.1097. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
- PLEVOVÁ, Ilona a Regina SLOWIK. *Komunikace s dětským pacientem.* Praha: Grada, 2010. Sestra (Grada). ISBN 9788024729688.
- PODĚBRADSKÁ, Radana. *Komplexní kineziologický rozbor: funkční poruchy pohybového systému.* Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 9788027108749.
- PODĚBRADSKÝ, Jiří a Radana PODĚBRADSKÁ. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy.* Praha: Grada, 2009. ISBN 9788024728995.

PTITO, Maurice, Fabien C. G. SCHNEIDER, Olaf B. PAULSON a Ron KUPERS. Alterations of the visual pathways in congenital blindness. *Experimental Brain Research* [online]. 2008, 187(1), 41-49 [cit. 2019-03-16]. DOI: 10.1007/s00221-008-1273-4. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-008-1273-4>

PYYKKÖ, Pekka. Relativistic effects in structural chemistry. *Chemical Reviews* [online]. 1988, 88(3), 563-594 [cit. 2019-03-26]. DOI: 10.1021/cr00085a006. ISSN 0009-2665. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr00085a006>

RIACH, CL a JL STARKES. Stability limits of quiet standing postural control in children and adults. *Gait & Posture* [online]. 1993, 1(2), 105-111 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1016/0966-6362(93)90021-R. ISSN 09666362. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/096663629390021R>

RICHMOND, Julius B. Blindness in Children . Miriam Norris , Patricia J. Spaulding , Fern H. Brodie. *Social Service Review* [online]. 1957, 31(4), 460-461 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1086/640366. ISSN 0037-7961. Dostupné z: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/640366>

ROKYTA, Richard. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 9788024748672.

ROSINA, Jozef, Hana KOLÁŘOVÁ a Jiří STANEK. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada, 2006. ISBN 8024713837.

SHERRINGTON, C. S. Flexion-reflex of the limb, crossed extension-reflex, and reflex stepping and standing. *The Journal of Physiology* [online]. 1910, 40(1-2), 28-121 [cit. 2019-07-28]. DOI: 10.1113/jphysiol.1910.sp001362. ISSN 00223751. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.1910.sp001362>

SHUMWAY-COOK, Anne a Marjorie H. WOOLLACOTT. *Motor control: translating research into clinical practice*. Fifth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer, [2017]. ISBN 9781496302632.

SCHIEPPATI, Marco, Monica SCHMID a Stefania SOZZI. Rapid processing of haptic cues for postural control in blind subjects. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2014, 125(7), 1427-1439 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1016/j.clinph.2013.11.011. ISSN



13882457. Dostupné z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1388245713011851>

SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.

SYNEK, František. *Záhady levorukosti: asymetrie u člověka*. Praha: Horizont, 1991. ISBN 9788070120545.

SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.

ŠRÁMKOVÁ, Taťána. *Poruchy sexuality u somaticky nemocných a jejich léčba*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4453-7.

TREW, M., EVERETT, T. *Human movement: an introductory text*. 3rd edition. New York: Churchill Livingstone, 1997. ISBN 0-443-044414.

VAŘEKA, Ivan. Posturální stabilita (2. část). Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002, 9(4), 122-129. ISSN 1211-2658.

VAŘEKA, Ivan; DVOŘÁK, Radmil. Ontogeneze lidské motoriky jako schopnosti řídit polohu těžiště. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1999, 3: 84-85.

VÉLE, František. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-256-5.

VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

VOJTA, Václav a Annegret PETERS. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 9788024727103.

VYSKOTOVÁ, Jana a Kateřina MACHÁČKOVÁ. *Jemná motorika: vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4698-2.

WHITING, H. T. A. a Michael G. WADE. *Themes in motor development*. Norwell, MA, U.S.A.: Distributors for the U.S. and Canada, Kluwer Academic Publishers, 1986. ISBN 9789024733903.

WIENER, William R., Richard L. WELSH a Bruce B. BLASCH. *Foundations of orientation and mobility*. 3rd ed. New York: AFB Press, c2010. ISBN 9780891284482.

WINTER, David A. *Biomechanics and motor control of human movement*. 4th ed. Hoboken, N.J.: Wiley, c2009. ISBN 978-0-470-39818-0.

WINTERS, Jack M. a Patrick E. CRAGO. *Biomechanics and neural control of posture and movement*. New York: Springer, 2000. ISBN 9780387949741.

ZIKL, Pavel. *Děti s tělesným a kombinovaným postižením ve škole*. Praha: Grada, 2011. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-3856-7.

ZOBANOVÁ, M.A. (2016). Současný pohled na retinopatii předčasně narozených dětí. *Pediatr. praxi*, 17(5), 279-284.

### **REFERENČNÍ SEZNAM OBRÁZKŮ**

SIGILLUM FACULTATIS MEDICAE TERTIAE UNIVERSITATIS CAROLINAE. *Funkce buněk a lidského těla* [online]. 2013 [cit. 2015-04-18].

## SEZNAM PŘÍLOH

<b>Příloha 1.</b> Subjektivní hodnocení obtížnosti jednotlivých posturálních situací.....	68
<b>Příloha 2.</b> Výtah stabilometrických dat z mého měření.....	69
<b>Příloha 3.</b> Nevidomý maratonec Ondřej Zmeškal se svým asistenčním psem (staženo z <a href="https://www.i60.cz/e">https://www.i60.cz/e</a> ).....	69

## PŘÍLOHA

**Příloha 1.** Subjektivní hodnocení obtížnosti jednotlivých posturálních situací.

PROBAND	PS	PSLT	PSEH.	PSEHLT	PSF	PSFLT	PSFEH	PSFEHLT	TS	TSLT
<b>SKUPINA NEVIDOMÝCH (N)</b>										
<b>1.</b>	1	1	3	2	4	3	6	4	8	6
<b>2.</b>	1	1	2	2	4	3	5	4	8	7
<b>3.</b>	1	4	8	8	10	9	10	10	10	9
<b>4.</b>	1	1	3	2	4	4	6	5	8	6
<b>5.</b>	2	2	4	3	6	6	8	8	9	9
<b>6.</b>	1	1	1	1	4	5	5	4	2	1
<b>7.</b>	1	1	2	1	3	2	3	2	7	6
<b>8.</b>	1	2	10	9	8	8	10	10	2	10
<b>9.</b>	3	4	4	5	6	7	7	6	8	8
<b>10.</b>	1	1	3	3	5	5	6	5	8	8
<b>KONTROLNÍ SKUPINA (K)</b>										
<b>1.</b>	3	1	2	1	6	5	7	7	9	8
<b>2.</b>	2	2	2	1	6	5	5	4	8	7
<b>3.</b>	2	1	3	3	4	3	5	4	7	5
<b>4.</b>	3	1	3	2	4	3	4	4	5	5
<b>5.</b>	3	2	3	2	5	3	5	3	6	4
<b>6.</b>	3	2	3	3	4	5	5	5	7	6
<b>7.</b>	3	1	3	2	4	2	4	2	6	5
<b>8.</b>	3	1	2	2	6	5	7	6	9	8
<b>9.</b>	2	3	5	3	4	2	3	4	6	7
<b>10</b>	2	1	1	1	6	5	5	4	8	7

**Příloha 2.** Výtah stabilometrických dat z mého měření.

Visit	Subject	Sensory Manipulation
Součková DP	zuzka součková	Open Eyes - No Manipulation
Stance Position	duration [s]	Footwear
Parallel Stance	30	Barefoot
Sway path - total [mm]	Sway V - total [mm/s]	Sway area - total [mm <sup>2</sup> ]
592,2	19,74	227,5

**Příloha 3.** Nevidomý maratonec Ondřej Zmeškal se svým asistenčním psem (staženo z <https://www.i60.cz/e> O. Zmeškal odsouhlasil zveřejnění)

