

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Vliv centrálního a periferního vidění na posturální

stabilitu jedince

Diplomová práce

Autor: Bc. Martina Marková

Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

Olomouc 2010

ANOTACE

Název práce v ČJ:	VLIV CENTRÁLNÍHO A PERIFERNÍHO VIDĚNÍ NA POSTURÁLNÍ STABILITU JEDINCE
Název práce v AJ:	THE INFLUENCE OF CENTRAL AND PERIPHERAL VISION TO THE POSTURAL STABILITY OF SUBJECTS
Datum zadání:	2009–11–30
Datum odevzdání:	2010–05–07
Autor práce:	Bc. Martina Marková
Instituce:	Ústav fyzioterapie, Fakulta zdravotnických věd UP v Olomouci
Vedoucí práce:	Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.
Oponent práce:	MUDr. Alois Krobot, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Cílem této práce je objasnit vliv zraku na posturální stabilitu jedince. Teoretické poznatky jsou zaměřeny na principy posturální kontroly, vliv zrakové informace a ostatních senzoryckých složek na stabilitu jedince. Výzkumná část byla realizována pomocí posturografického vyšetření, kde jsme hodnotili vliv testovaných zrakových podmínek na velikost posturálních výchylek u 20 zdravých probandů. Zajímali jsme se jak o komplexní zrakovou informaci, tak i její funkční části – centrální a periferní vidění a vliv dominantního a nedominantního oka. Zařadili jsme také stoj na labilní podložce, čímž poukazujeme na význam somatosenzoryckého systému.

Abstrakt v AJ:

The aim of this thesis is to clarify the importance of vision in human postural control. In the theoretical part we specialized on the principles of postural control, the influence of vision and other sensory systems. In the practical part we used posturography to analyze the postural oscillations based on different visual conditions. Our measurements were performed on the group of 20 healthy probands. We focused on the general visual information as well as its functional parts – central and peripheral

vision, influence of dominant and non-dominant eye. We emphasized also the significance of the somatosensory system by including stance on the unstable pad.

Klíčová slova v ČJ:

posturální stabilita, centrální vidění, periferní vidění, vestibulární aparát, somatosenzorický systém

Klíčová slova v AJ:

postural stability, central vision, peripheral vision, vestibular system, somatosensory system

Počet stran: 91 s., 17 příloh

Místo zpracování: Olomouc

Místo uložení: Ústav fyzioterapie, FZV UP – sekretariát/děkanát

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně pod odborným vedením Mgr. Radka Mlíky, Ph.D. a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje.

V Olomouci dne 7. května 2010

.....

Děkuji Mgr. Radku Mlíkovi, Ph.D. za ochotu, optimistickou podporu, odborné vedení, cenné rady a připomínky k diplomové práci, RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc a rady při statistickém zpracování dat.

OBSAH

ÚVOD	8
2 TEORETICKÉ POZNATKY	9
2. 1 Posturální stabilita	9
2.1.1 Biomechanické aspekty posturální stability	10
2.1.2 Statická a dynamická balance	10
2.1.3 Posturální anticipační mechanismy	11
2.1.4 Posturografie	11
2.1.5 Senzorická složka zajišťující posturální stabilitu	12
2.1.5.1 Somatosenzorický systém	14
2.1.5.2 Vestibulární aparát	15
2.1.5.3 Zrak	16
2.2 Zrak v posturální kontrole jedince.....	16
2.2.1 Princip řízení rovnováhy pomocí zraku.....	17
2.2.2 Sítnice	18
2.2.3 Okulomotorika	20
2.2.4 Extraokulární propriocepce.....	20
2.2.5 Centrální a periferní vidění v posturální kontrole jedince	23
2.2.5.1 Směrové ovlivnění posturálních vychylek.....	24
2.2.5.2 Posturální chování za dynamických podmínek.....	26
2.2.6 Monokulární versus binokulární vidění.....	28
2.2.7 Zraková dominance.....	30
2.2.8 Význam zraku v posturální kontrole vzhledem k věku	30
2 CÍLE A HYPOTÉZY	33
3 METODA VÝZKUMU	35
3.1 Metodika měření.....	35
3.1.1 Charakteristika testovaného souboru	35
3.1.2 Postup měření	35
4 VÝSLEDKY	39

4.1. Výsledky k hypotéze H_01	42
4.2 Výsledky k hypotéze H_02	43
4.3 Výsledky k hypotéze H_03	45
4.4 Výsledky k hypotéze H_04	47
4.5 Výsledky k hypotéze H_05	49
4.6 Výsledky k hypotéze H_06	50
4.7 Výsledky k hypotéze H_07	52
5 DISKUZE.....	53
5. 1 Diskuze k hypotéze H_01	56
5. 2 Diskuze k hypotéze H_02	57
5.3 Diskuze k hypotéze H_03	59
5. 4 Diskuze k hypotéze H_04	60
5. 5 Diskuze k hypotéze H_05	61
5. 6 Diskuze k hypotézám H_06, H_07	61
ZÁVĚR.....	63
REFERENČNÍ SEZNAM	64
SEZNAM ZKRATEK.....	72
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK	75
SEZNAM PŘÍLOH.....	76
PŘÍLOHY	77

ÚVOD

Posturální stabilita představuje základní podmínku běžných denních činností. U zdravého jedince jde o zcela přirozenou a automatickou schopnost. Optimální stabilita je však výsledkem složité a vzájemné spolupráce řídicího, senzoryckého a výkonného systému.

Zrak tvoří vedle somatosenzoryckého systému a vestibulárního aparátu jednu ze složek senzoryckého systému. Ačkoliv se jedná o jeden z mnoha faktorů posturálního řízení, jeho význam je nezanedbatelný. Anatomicko-fyziologické znalosti o zraku a stavbě sítnice předpokládají odlišný vliv centrálního a periferního vidění na posturální stabilitu, stejně jako neurofyziologické mechanismy zajišťující projekci obrazu na sítnici.

Dosavadní studie se v základních poznatcích většinou shodují, avšak v konkrétních podrobnějších faktech se mnohdy značně rozcházejí. Metodické postupy nebo i charakteristiky měřených probandů jsou také odlišné. Někteří autoři se zabývají statickou stabilitou v klidném stoji, jiní řeší dynamické podmínky. S technologickým rozvojem v posledních letech je pro objasnění významu zraku v posturální kontrole využívána virtuální realita, či jiné projekce ovlivňující zrakový systém, kdežto v 80. letech byly první studie prováděny na odlišných principech.

Cílem naší práce je ozřejmit funkci zraku v posturální kontrole jak po stránce teoretické, tak i praktické. Zajímali jsme se o zrak jako komplexní senzoryckou složku, ale i její funkční části – centrální a periferní zrak. Taktéž jsme zaměřili na význam zrakové dominance v posturální kontrole. Pro měření byla použita také molitanová podložka, nepřímo tak poukazujeme na význam somatosenzoryckého systému v posturální kontrole. Předmětem studie bylo objasnění fyziologických podmínek, vzorek probandů proto tvořili studenti bez klinického nálezu, který by ovlivnil testování. Pro měření jsme použili posturografické vyšetření, testovali jsme vliv deseti zrakových podmínek na klidný vzpřímený stoj. V diskuzi se snažíme kriticky zhodnotit použitou metodiku práce, najít teoretická východiska pro číselné závěry a porovnat naše výsledky s dosavadními studiemi.

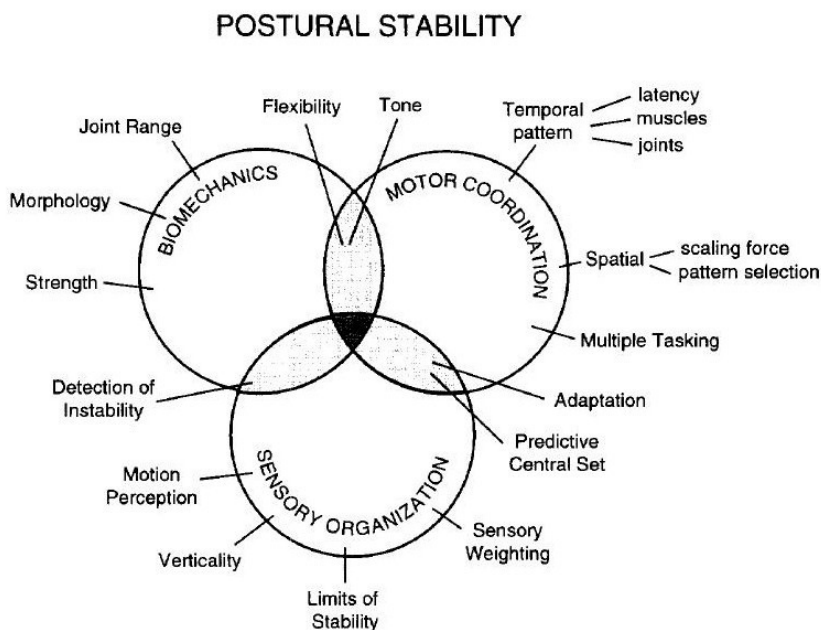
2 TEORETICKÉ POZNATKY

2. 1 Posturální stabilita

Vařeka (2002a) definuje posturální stabilitu jako schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat tak na změny zevních a vnitřních sil, aby nedošlo k neřízenému pádu. Posturální stabilita je výsledkem posturální kontroly, která zahrnuje mechanismy udržující pozici těla v prostoru a jeho orientaci (Massion, 1994).

Vzpřímené držení těla zajišťuje nestabilní systém tvořený množstvím segmentů a podílí se na něm tři hlavní části: řídicí, senzorká a výkonná. Řídící funkci vykonává centrální nervová soustava, tedy mozek a mícha. Centrální nervová soustava svou eferentní funkcí řídí svalovou aktivitu a její aferentní část přijímá informace a vyhodnocuje je. Výkonnou složkou je pohybový systém tvořený kosterním svalstvem. Senzorickou složku tvoří propioceptory, zrak a vestibulární systém (Vařeka, 2002a). Optimální posturální stabilita vyžaduje vzájemnou interakci jednotlivých komponent mezi sebou (viz obr. 1) (Sasaki et al., 2002; Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

Obrázek 1. Schematické znázornění jednotlivých komponent participujících na posturální kontrole (Horak, 1997)



Existuje řada konceptů a teorií objasňujících mechanismy posturální kontroly. Shumway-Cook & Woolacott (2001) uvedli tzv. „*reflex-hierarchical model*“, který předpokládá, že je balance a postura výsledkem hierarchicky sestavených reflexních odpovědí spouštěných sensorickým systémem. Během vývoje dochází k postupnému posunu od primitivních reakcí na podkladě spinálních reflexů k vyšším úrovním posturálních reakcí až k nejdokonalejšímu vyzrání posturálních odpovědí na korové úrovni.

„*Systems theory*“ zdůrazňuje vzájemnou interakci jedince s okolním prostředím a nároky vnějšího a vnitřního prostředí na posturální stabilitu, přičemž základem je objektivní spolupráce muskuloskeletálního aparátu a nervového systému (Shumway-Cook & Woolacott, 1990).

2.1.1 Biomechanické aspekty posturální stability

Podle Vařeky & Dvořáka (1999) je činnost CNS sice rozhodující pro řízení motoriky, ale výsledné pohyby jsou determinovány biomechanickými principy. Lidské tělo je systém pevných a nedeformovatelných segmentů, které jsou navzájem spojeny klouby s různými stupni volnosti. Část podložky v přímém kontaktu s tělem se označuje jako *opěrná plocha*. Za pojem *opěrná báze* se označuje celá plocha ohraničená nejbližšími hranicemi opěrné plochy.

Držení těla je aktivní poloha vykazující menší či větší stabilitu. Je známo, že stabilita je přímo úměrná velikosti plochy opěrné báze a hmotnosti a nepřímo úměrná výšce těžiště nad opěrnou bází, vzdáleností mezi průmětem těžiště do opěrné báze a sklonu opěrné plochy vzhledem k horizontální rovině (Vařeka & Dvořák, 1999).

2.1.2 Statická a dynamická balance

Na balančních reakcích se podílí statické a dynamické strategie. První jmenované mechanismy zahrnují především rovnovážné reakce, při kterých se řídicí systém snaží udržet posturální stabilitu v rámci nezměněné plochy kontaktu. To znamená, že COG (center of gravity) nepřekročí hranice BOS (base of support). Základní podstatou je předozadní, tzv. „hlezenní“, strategie, kdy je rovnováha udržována především aktivitou plantárních flexorů, zejména m. triceps surae, aktivita

dorzálních flexorů je zanedbatelná. V latero-laterálním směru má svůj význam „kyčelní“ strategie. Jestliže překročí COG hranici BOS, dochází k přemístění plochy kontaktu. Tuto situaci označujeme jako dynamickou, krokovou strategii, která je nadřazena kyčelnímu a kotníkovému mechanismu (viz Příloha 1) (Vařeka, 2002b; Shumway-Cook & Woollacott, 2001).

2.1.3 Posturální anticipační mechanismy

Na posturální stabilitě se podílejí tzv. anticipační mechanismy. Jejich úkolem je zajistit posturální nastavení ještě před počátkem situace či jevu, které mohou stabilitu narušit. Nejčastěji se projevují v souvislosti s volným pohybem (Massion, 1994). Základem je optimální svalový tonus, segmentální nastavení v jednotlivých kloubech a současná časoprostorová koordinace. Anticipace je proces závislý na předchozí zkušenosti, lze ji zajistit motorickým učením (Shumway-Cook & Woolacott, 2001), vyžaduje intaktní suplementární korovou oblast, aferentní informaci z proprioceptorů a dotykové kožní cití (Forget & Lamarre, 1990). Zrak zprostředkovává v rámci dynamické posturální kontroly proaktivní anticipatorní mechanismy, tzv. avoidance strategies, jejichž prostřednictvím získáváme informace o prostorovém uspořádání v daném okamžiku (Patla, 1997).

2.1.4 Posturografie

K objektivizaci a kvantifikaci posturální stability slouží řada metod. Jednu z nich představuje posturografie, kdy jsou prostřednictvím tenzometrické silové plošiny měřeny reakční síly během statických a dynamických situací. Základním parametrem je COP, což je působiště reakční síly. COP koreluje s projekcí těžiště do opěrné báze, tzv. COG. Průmět COP je zaznamenáván v čase a zpracováván v rámci jednotlivých posturografických testů (<http://www.onbalance.com>).

Dalšími možnostmi posturografie je vyšetření automatických balančních reakcí na vnější podněty – translační a rotační pohyby plošiny. Předmětem testování je latence posturálních reakcí, velikost amplitudy, délka reakce, volní kontrola projekce těžiště do opěrné báze a kvantifikace procentuálního zatížení dolních končetin během dynamických aktivit.

V klinické praxi umožňuje posturografie také hodnocení závislosti změny senzorických podmínek na posturální stabilitě při vzpřímeném bipedním stoji. Zmíněné vyšetření má význam zejména u pacientů se zrakovým, vestibulárním nebo somatosenzorickým deficitem (<http://www.onbalance.com>).

2.1.5 Senzorická složka zajišťující posturální stabilitu

Posturální kontrola je závislá na vzájemné integraci aferentních informací z proprioceptivního, vestibulárního a somatosenzorického systému (Redfern et al., 2001). Novotný et al. (1997) označují soubor těchto smyslových orgánů jako tzv. prostorový analyzátor. Všechny tři složky vykazují komplementární funkci a vzájemnou koordinaci (Wolsley et al., 1996).

Podle Brandta (1988) způsobuje tendence k pádům a nerovnováze spíše neshoda informací aferentně přicházejících ze smyslových orgánů, než ztráta nebo poškození jednoho z nich. Stupeň posturální nestability je dán velikostí nesouladu s přicházejícími informacemi.

Jednotlivé senzorické složky se podílejí na posturální stabilitě různě za různých podmínek. Jestliže stojí zdravý jedinec v dobře osvětleném prostředí na pevné podložce, využívá predominantně informace z proprioceptorů (70 %), méně pak zrakové (10 %) a vestibulární podněty (20 %). V případě labilní podložky vzrůstá důvěra v informace z vestibulárního ústrojí a oka než z proprioceptorů. Za odlišných okolností dokáže organismus využít aferentní informace v jiném poměru, což má velký význam v udržování stability. Pokud například vcházíme z dobře osvětlené místnosti do prostoru se zhoršenými světelnými podmínkami, mění se automaticky poměr využití jednotlivých informací tak, aby byla zajištěna posturální stabilita i za takto změněné situace. Jestliže existují poruchy CNS (například Alzheimerova choroba), které jsou provázeny poškozením či zpomalením schopnosti měnit výše uvedený poměr využití daných senzorických informací, pak lze u takových stavů zaznamenat vyšší tendenci k pádu a instabilitě (Horak, 2006).

V rámci organizace informací jednotlivých smyslových orgánů během měnících se senzorických podmínek existují odlišné teorie:

- „*Intermodální teorie senzorické organizace*“ předpokládá rovnoměrnou, neměnnou kontribuci a interakci jednotlivých senzorických systémů do

posturální kontroly. Nedochozí tedy k vzájemnému konfliktu aferentních informací (Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

- „Senzorická „re-weighting“ hypotéza“ představuje názor, že CNS je schopna v rámci posturální kontroly využít senzory v optimálním poměru vzhledem k aktuální situaci, věku, prostředí a posturální úloze. Tato teorie je všeobecně přijímána a vliv jednotlivých senzorních systémů na posturální stabilitu lze vyšetřit pomocí Sensory organization test (viz Příloha 2) (Streepey et al., 2007; Oie et al., 2002; Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

Důležitou roli hraje také složka exteroceptivní, která je zajišťována činností Ruffiniho a Maissnerových tělísek (Morasso, Schieppati in Vařeka 2002b).

Je známo, že každý systém (zrakový, somatosenzorický a vestibulární) se uplatňuje při jiných frekvencích posturálních výchylek. Například při velmi nízkých frekvencích (menších než 0,1 Hz) se v redukci výchylek nejlépe uplatňuje zrakový systém. Příkladem takové situace, kdy dochází k preferenci zrakového systému, může být stoj v místnosti bez jakéhokoliv pohybu v zorném úhlu pozorovatele. Podobná situace také nastává při pomalu se pohybujícím objektu v našem zrakovém poli, jestliže u něho stojíme dostatečně blízko (Lestienne et al. in Redfern et al., 2001). Otolity vestibulárního aparátu reagují při frekvencích menších než 0,5 Hz a polokruhové kanálky se uplatňují v rozsahu 0,5–1,0 Hz. Tyto situace nastávají například při otočení či jiných pohybech hlavy a očí. Somatosenzorický signál z oblasti nohy a kotníku se nejlépe uplatňuje při frekvencích větších než 1,0 Hz, tj. zejména při kontrole rovnováhy u dynamických programů, např. chůze (Diener et al. in Redfern et al., 2001).

Spolupráce všech senzorních systémů je komplexní děj. Pokud dojde k vyřazení nebo omezení funkce jedné složky, je úkolem CNS ztrátu do určité míry kompenzovat. Například v případě periferních neuropatií, kdy je propioceptivní funkce poškozená, je stabilita zhoršená. U pacientů s takovýmto poškozením je preferována informace zraková a vestibulární. Pacienti s poškozením vestibulárního ústrojí se více spoléhají na zrak (Redfern & Furman in Redfern et al., 2001) a propiocepci (Hamid et al. in Redfern et al., 2001).

Dietz et al. in Shumway-Cook & Woollacott (2007) zdůrazňují odlišnou latenci svalové kontrakce jako odpovědi na perturbaci senzorního systému. Při alteraci

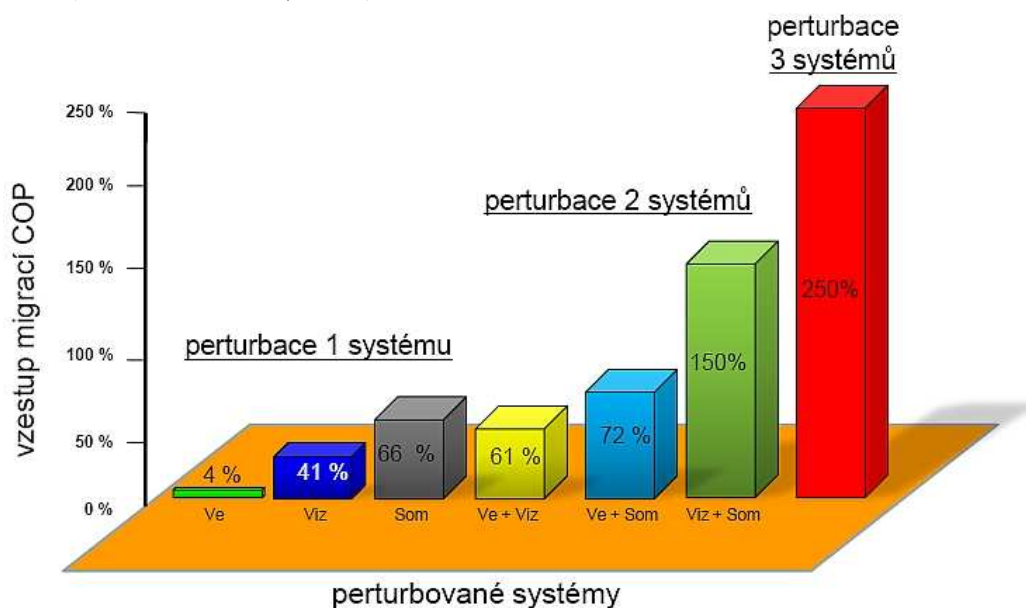
somatosenzorického systému je latence svalové kontrakce 80 – 100 ms, zatímco při ovlivnění zrakové informace je kontrakce zaznamenána po 200 ms. Při stimulaci vestibulárního aparátu byly posturální reakce zpožděny 10krát více než v prvním případě. Větší participace vestibulárního systému na posturální stabilitě je prokázána v případě rotace silové plošiny než při jejím horizontálním posunu. Z těchto výsledků autoři odvozují větší závislost na somatosenzorickém vstupu v rámci posturální kontroly v porovnání s ostatními sensorickými systémy.

2.1.5.1 Somatosenzorický systém

Králíček (2002) rozděluje somatosenzorický systém do dvou částí. Jedná se o kožní cití, kam řadí taktilní, nociceptivní a termoceptivní informace. Druhou skupinou jsou proprioceptory, které získávají informaci o vzájemné poloze – statická propriocepce (statestezie) a o pohybu – dynamická propriocepce (kinestezie). Jako čidla proprioceptivního systému fungují Ruffiniformní tělíska, která signalizují extrémní pozici v kloubu, a Pacciniformní tělíska informující o pohybu v kloubu. Oba typy receptorů jsou lokalizovány v kloubních pouzdrech a vazech. Golgiho šlachová tělíska jsou uložena v sérii na myotendinózním rozhraní a reagují na pasivní protažení. Aktivují se při napnutí šlachy a chrání sval i šlachu před přetížením (Trojan et al., 2003). Svalová vřetenka registrují změnu délky svalu. Jsou uložena v podélné délce svalu v paralelním zapojení.

Nezastupitelný význam propriocepce při posturální kontrole uvádí Simoneau et al. (1995). Při poškození somatosenzorických informací vzroste posturální nestabilita o 66 %, kdežto poškození zraku zhoršuje stabilitu o 41 % a při neadekvátních informacích z vestibulárního aparátu je nestabilita zvýšena o 4 % (viz obr. 2), což můžeme považovat za zanedbatelné. Pokud například u diabetika s polyneuropatií vyloučíme zavřením očí zrakovou funkci a zároveň redukuje funkci vestibulárního aparátu záklonem hlavy, vzroste jeho nestabilita zásadním způsobem. Vyřadíme tím totiž zbylé dva sensorické systémy, které v udržování stability kompenzovaly špatnou činnost somatosenzorického systému. Za těchto okolností není polyneuropatický pacient schopen udržet vzpřímený stoj.

Obrázek 2. Závislost pohybů COP při ovlivnění sensorických systémů u zdravého jedince (Simoneau et al., 1995)



Legenda k obrázku 2:

Ve ... vestibulární aparát;

Viz ... zrakový systém;

Som ... somatosenzorický systém.

2.1.5.2 Vestibulární aparát

Vestibulární aparát je párový orgán. Jeho funkcí je udržování rovnováhy, detekce polohy a pohybu hlavy v prostoru. Umožňuje nám udržovat vzpřímený postoj těla v klidu i při pohybu, informuje o vztahu ke gravitačnímu poli a udržuje stabilní a nerozmazaný obraz na sítnici při pohybu (Králíček, 2002).

Tento systém má část periferní a centrální. Periferní část se skládá z vestibulárního aparátu tvořeného polokruhovitými kanálky orientovanými v navzájem kolmých rovinách (viz Příloha 4) a vácíky utrikulu a sakulu. Centrální část zahrnuje 4 vestibulární jádra na spodině IV. komory – jádro Deitersovo, Schwalbeovo, Bechtěrevovo, Rollerovo, dále thalamus (mesencefalon) a mozková kůra (Novotný et al., 1997).

Polokruhovité kanálky jsou uzpůsobeny k detekci rotačního (úhlového) zrychlení hlavy, tzn. na začátek nebo ukončení rotačního pohybu hlavy. V průběhu trvalé rotace nejsou drážděny (Syka et al., 1981).

Utrikulus a sakulus detekují polohu hlavy v prostoru vzhledem k vektoru gravitační síly a lineární zrychlení hlavy, tj. změnu rychlosti posuvného pohybu ve směru předozadním, stranovém nebo svislém. Dále receptory reagují na pomalé

naklánění hlavy a na změny rychlosti při lineárním pohybu (např. v pohybujícím se dopravním prostředku). Receptorovým útvarem je tzv. makula (Syka et al., 1981).

2.1.5.3 Zrak

Zrak představuje významnou složku sensorického systému, vzhledem k tomu, že jím přijímáme většinu informací o okolním prostředí. Jedná se především o kvality nazíraného objektu, jako je tvar, barva, umístění v trojrozměrném prostoru (tzv. statické vlastnosti prostředí). Informace o pohybu a rychlosti sledovaného objektu představují tzv. dynamické vlastnosti prostředí (Králíček, 2002).

Nedocenitelný význam zraku je taktéž při lokomoci, kdy jedinec využívá téměř okamžité informace o prostorových změnách prostředí, což mu umožňuje včasné anticipatorní nastavení v rámci posturální kontroly a tím i lepší zajištění stability. To znamená, že pohybová složka zrakových vjemů je považována za nejdůležitější vizuální kvalitu, má zásadní význam pro zachování života jedince, a proto je vyvinuta u všech novorozených savců, zatímco jiné zrakové funkce jsou ještě nevyzrálé (Králíček, 2002; Patla, 1997).

Zrakový systém tvoří několik funkčních částí. Optický aparát oka zahrnuje rohovku, komorovou vodu, čočku a sklivec. Tento komplex se chová jako centrovaná optická spojná optická soustava a zprostředkovává vznik reálného, zmenšeného a převráceného obrazu vnějšího světa na sítnici. Fotoreceptory sítnice (tyčinky a čípky) transformují světelné signály v elektrické a zraková dráha zajišťuje přenos informace do korové projekční oblasti, která umožňuje její zpracování a vnímání (Králíček, 2002).

2.2 Zrak v posturální kontrole jedince

Podle Véleho (1997) by vyřazení zrakové kontroly nemělo významněji ovlivňovat stoj zdravého jedince. Přítomnost posturálních vychylek (postural sway) je do určité míry fyziologická. Hranici mezi fyziologickými a patologicky zvětšenými titubacemi lze kvantifikovat a objektivizovat pomocí posturografického vyšetření.

Zrak ovlivňuje posturální stabilitu prostřednictvím mnoha faktorů. Jedná se zejména o zrakovou ostrost, vzdálenost očí od pozorovaného objektu, pohyb

sledovaného cíle, pohyb pozorovatele vzhledem k zrakem fixovanému podnětu apod. (Jahn et al., 2002).

Smetanin (2004) vysvětluje vliv zraku na vzrůst stability prostřednictvím dvou mechanismů. Jedním je tzv. specifický stabilizační efekt, který je dán přijímáním informace o poloze a pohybu těla s ohledem na vnější prostředí. Druhý, nespecifický efekt zrakového systému, je zprostředkován vnímáním světla. Tento vliv dokázal při použití brýlí z opálového skla, které umožňují pouze vnímání rozptýleného světla spíše než ostrých obrazů okolního prostředí. Probandi s brýlemi vykazovali lepší posturální stabilitu než při stožení se zavřenými očima, ale menší stabilitu než bez brýlí. Předpokládá se, že nespecifický efekt je realizován cestou regulace svalového napětí. Specifický a nespecifický vliv zrakových informací tvoří pouze malý stavební prvek, který se podílí na komplexním zajištění posturální stability (Smetanin, 2004).

V důsledku tzv. body sway je při pozorování statické scény vnímán určitý pohyb okolí (Piponnier et al., 2009), který poskytuje zrakovou informaci využitou v posturální kontrole (Amblard & Carblanc; Kelly et al. in Piponnier et al., 2009). Jestliže je horizontální či vertikální pohyb nazíraného prostředí větší amplitudy a rychlosti než vjem získaný prostřednictvím body sway, vyvolává to v probandu pocit, že se pohybuje prostředí vůči pozorovateli či naopak. Tato iluze se označuje jako „vection“¹ a vyvolává kompenzatorní posturální odpovědi, které redukuje změny způsobené tzv. tokem prostředí (optic flow) (Kawakita et al., 2000). S ohledem na povahu zrakového podnětu může být vnímaná iluze cirkulárního charakteru, kdy dochází k pohybu okolo axiální osy, nebo lineárního charakteru ve směru horizontálním či vertikálním (Kawakita, 2000).

2.2.1 Princip řízení rovnováhy pomocí zraku

Základním principem je udržet stabilní obraz na sítnici, který je shodný s obrazem zorného pole (field of view – FOV) sledovaného pozorovatelem. Podle definice FOV představuje část prostoru, kterou vidíme jedním okem upřeným vpřed. Teoreticky je považováno za kruhové, avšak ve skutečnosti je na mediální straně

¹ Výraz „vection“ nemá český ekvivalent.

omezeno nosem a v horní části stropem očníce (Králíček, 2002). Podle Patla (1997) zaujímá rozsah 200° horizontálně a 110° vertikálně.

Je nutné zdůraznit, že se pozorovatel může vůči sledovanému cíli pohybovat. Také se zrakový podnět může pohybovat vzhledem k pozorovateli. Hlavním cílem zrakového systému je zajistit projekci obrazu za těchto podmínek nebo při jejich vzájemné kombinaci (Jeřábek, 2005). Podle Laurens et al. (2010) je fixace zrakového podnětu vzhledem k okolnímu prostoru hlavní komponenta pro posturální stabilizaci bez ohledu na pohyb očí.

2.2.2 Sítnice

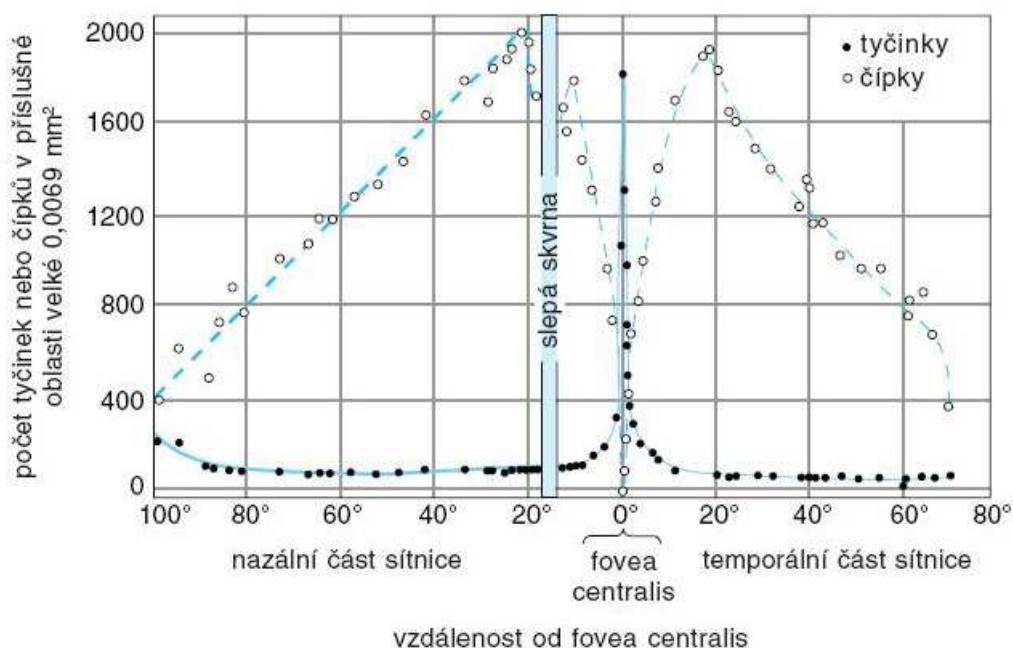
Sítnice (retina) představuje nejvnitřnější list stěny oční koule. Vývojově jde o část povrchového ektodermu. Vrstva sítnice není po celém obvodu homogenní. V přední oblasti bulbu je redukována na tenkou vrstvu podpůrných buněk pars coeca retinae. Vnitřní část retiny – pars optica retinae – pokrývá celý vnitřní povrch cévnatky, obsahuje podpůrné a světločivé buňky a vytváří základ pro vlastní zrakovou funkci. Pars optica retinae se skládá z pěti vrstev, avšak jejich popis přesahuje rámec této práce. Světelný paprsek musí projít všemi vrstvami sítnice, kde je pohlcen fotopigmentem tyčinek a čípků, jež jsou nejbližší cévnatce a vytváří synaptická spojení s buňkami bipolárními a gangliovými, jejichž axony opouštějí oční bulbus jako zrakový nerv. Jelikož oko obsahuje průměrně 120 milionu tyčinek, 6 milionu čípků a zrakový nerv zhruba okolo 1 milionu axonů, vykazuje oční sítnice výraznou konvergenci. Plocha sítnice, ze které se sbíhají elektrické signály generované prostřednictvím fotoreceptorů k jedné gangliové buňce, se označuje jako receptivní pole. Stupeň konvergence a velikost receptivních polí není ve všech oblastech sítnice stejná, což předvídá různé vlastnosti retiny ve vztahu k její topografii a následně i vztahu k posturální kontrole (Králíček, 2002).

Centrální jamka (fovea centralis) je místem nejvyšší zrakové ostrosti. Leží uprostřed žluté skvrny, 4 mm temporálně od papily zrakového nervu. Cílem zrakové funkce je automatické nastavení očí tak, aby světelné paprsky vycházející z pozorovaného objektu dopadaly přesně na foveu. Maximální zraková ostrost fovey je dána propojením fotoreceptorů s bipolární a gangliovou buňkou, kdy nedochází

k jejich konvergenci. Proto mají receptivní pole v této oblasti malou velikost. Obrazová informace vycházející z této oblasti vykazuje minimální „zrnitost“ a je vnímána s vysokou ostroží. Typická je také malá citlivost k intenzitě dopadajícího světla, tzn., že funguje pouze při dostatečné intenzitě osvětlení. Jde o tzv. fotonické vidění. Směrem od periferie stále větší počet fotoreceptorů konverguje, čímž se zvětšuje velikost receptivních polí a obraz z oblasti periferní retiny je vnímán ve vyšších etážích s menší zrakovou ostroží. Naopak se tato oblast sítnice vyznačuje vyšší citlivostí k intenzitě dopadajícího světla a vidění se označuje jako skotopické (Králíček, 2002).

Centrální jamka je charakteristická vysokou koncentrací čípků, kdežto tyčinky zde zcela chybí. Směrem k periférii roste koncentrace tyčinek, jejichž největší hustota je asi 20 úhlových stupňů od centrální jamky. Zároveň klesá koncentrace čípků, pro které je typický větší průměr než v centrální jamce. Hustotu tyčinek a čípků znázorňuje obrázek 3.

Obrázek 3. Hustota tyčinek a čípků podél vodorovného poledníku lidské sítnice (Ganong, 2005)



Kontroverzní údaje jsou o velikosti centrální části zorného pole, jež představuje oblast, která se promítá do centrální jamky. Králíček (2001) udává, že tato centrální část má rozsah 1 – 2 úhlové stupně, dle Patla (1997) a Nougier et al. in Berencsi et al.

(2005) zaujímá centrální část 10 úhlových stupňů a Brandt et al. in Paulus et al. (1984) uvádí, že se jedná o 20 – 30 úhlových stupňů zorného pole. Z neuroanatomického hlediska je centrální zrakové pole definováno na základě distribuce tyčinek a čípků v rozsahu 2 – 4 úhlové stupě (Osaka in Berencsi et al., 2005), nebo 7 úhlových stupňů zrakového pole, které se projektují do primárního zrakového kortexu (Daniel & Whitteridge; Miskin & Ungerleider in Berencsi et al., 2005).

Periferní část zorného pole je obecně označována jako oblast periferně od centrálního zrakového pole (Berencsi et al., 2005).

2.2.3 Okulomotorika

Podstatou okulomotoriky je schopnost přenášet cílový objekt rychle do zorného pole a sledovat jej nezávisle na tom, zda se cílový objekt nebo my sami pohybujeme. Tuto funkci zajišťují rychlé a pomalé konjugované pohyby, vyhledávací a krouživé pohyby očí. Anatomickým substrátem jsou přední a zadní korová zraková pole, jejichž nejdůležitější projekce vede do paramediální pontinní retikulární formace (Mumenthaler & Mattle, 2001).

Při pozorování zorného pole jsou přítomny volní konjugované pohyby, tzv. velké sakády, které zajišťují přesné nasměrování fovey na místo podnětu. Bylo prokázáno, že v průběhu sakády je zřetelně zhoršené vnímání zorného pole. Tento jev se označuje jako sakadická suprese a přetrvává zhruba 100 až 120 ms. Znehodnocení ovšem není jedincem vnímáno. Naopak použití klapky, která simuluje sakadickou supresi proband vnímá, i když je časový interval shodný se supresí. Z toho vyplývá, že organismus dokáže akceptovat a potlačit vlastní vjemy v porovnání s externě vytvořenými stimuly, které nebyly kompenzovány zrakovým systémem (Syka et al., 1981; Fox et al., 1990).

2.2.4 Extraokulární propiocepce

Proprioceptory extraokulárních svalů společně s proprioceptory hlubokých flexorů šíje a jiných posturálních svalů mají významný podíl v posturální kontrole (Roll & Roll, 1988), přičemž Isotalo et al. (2004) považují signál ze svalových vřetének za mnohem významnější ve srovnání se senzorkou zrakovou informací získanou binokulárním viděním. Kavounoudias et al. in Baumberger et al. (2004)

uvádí, že informace ze svalových vřetének vytváří propioceptivní síť (proprioceptive chain), kde dochází k funkčnímu propojení mezi okohybnými svaly a svaly na ploskách nohou.

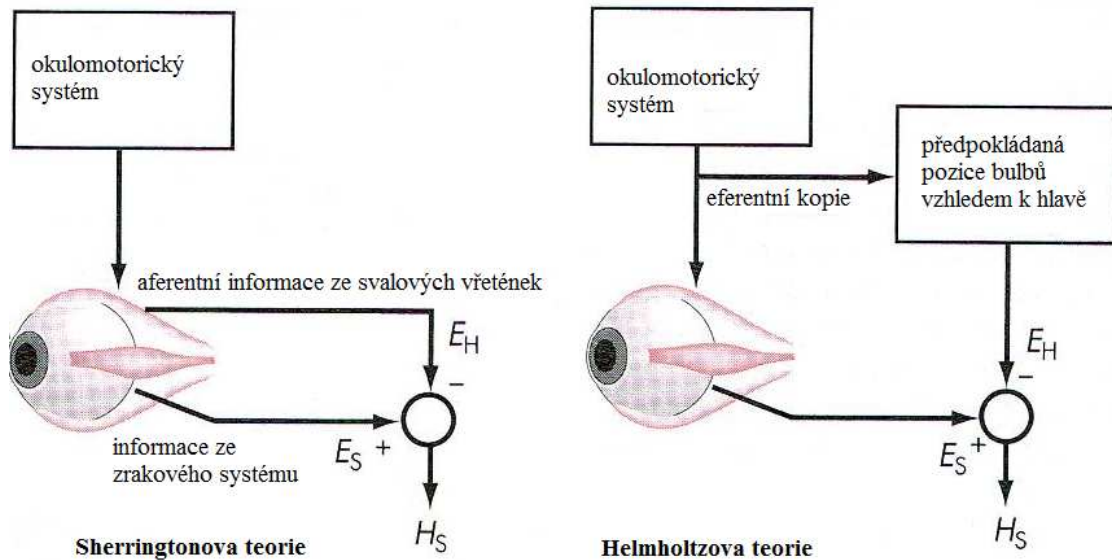
Extraokulární propiocepce přispívá také svojí aferentací ke kódování pozice oka, hlavy a těla ve vztahu k postuře a okolnímu prostředí (Roll et al. in Jahn et al., 2002). Při pohybu obrazu na sítnici nemusí nutně docházet k pohybu hlavy, může jít také o pohyb pozorovaného objektu v zorném poli, nebo pohybu očí vůči hlavě (taková situace nastává například při čtení), nebo probíhají oba pohyby navzájem.

Z hlediska postury je nutné odlišit, zda jde o pohyb hlavy nebo pohyb očí vůči hlavě. Dlouhou dobu byly zvažovány dva protichůdné názory. Sheringtonova „inflow“ teorie (viz obr. 4) vychází z předpokladu, že signály vznikající ve svalových vřeténkách extraokulárních svalů informují o postavení očí v orbitě, tzn. o postavení očí vůči hlavě. Následně je aktuální pozice očí srovnána s informací o jejich postavení vzhledem k pozorované scéně. Tyto dvě informace jsou zpracovány a vzniká odhad o pozici hlavy v prostoru.

Helmholtzova „outflow“ teorie (viz obr. 4) popírá nutnou přítomnost receptorů v okohybných svalech. Oproti končetinám nejsou oči vystaveny působení zevních sil, proto není možné odečtení jejich pozice z motorických povelů. Efference copies² jsou adresovány zrakovému systému, který na podkladě aktuální polohy očí odhadne očekávané postavení bulbů vůči hlavě. Taková informace je následně kombinována s přicházející zrakovou informací a výsledkem je určitá pozice hlavy v prostoru. Helmholtzova teorie odhaluje skutečný způsob, pomocí kterého zrakový systém podává informaci o konečném postavení hlavy s ohledem na pozici očí vzhledem k pozorované scéně (Carpenter, 1996).

² Eferentní informace vedoucí k okohybným svalům.

Obrázek 4. Schéma Sherringtonovy a Helmholtzovy teorie (Carpenter, 1996)

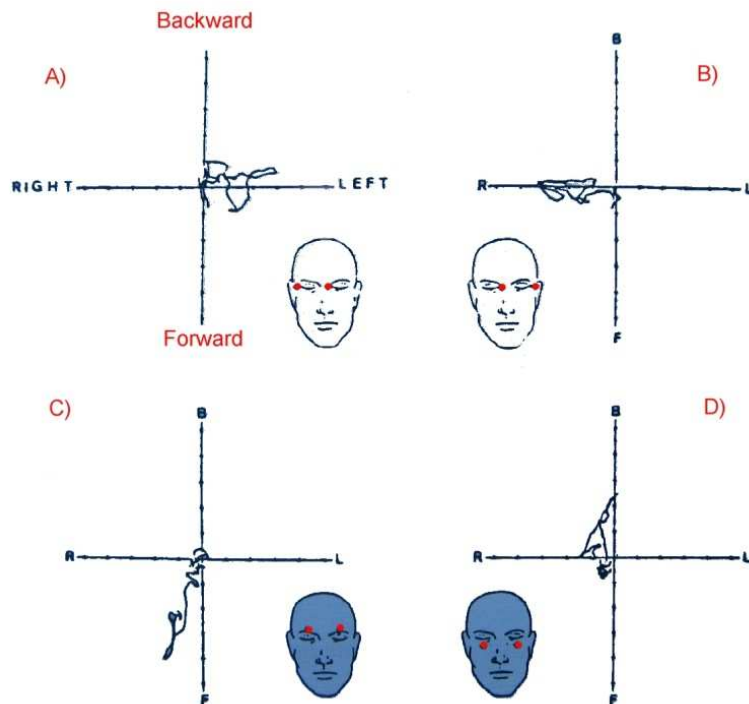


Legenda k obrázku 4:

- E_H ... informace o pozici oka vzhledem k hlavě;
- E_S ... informace o postavení oka vzhledem k pozorované scéně;
- H_S ... nově vzniklá informace o pozici hlavy vzhledem k prostoru.

Roll & Roll (1988) se zabývali mechanickou vibrací extraokulárních svalů a jejím vlivem na posturální stabilitu. Vychází z poznatku, že vibrace šlach svalů vyvolává pocit kontrakce daného svalu s následnou posturální odpovědí v podobě exkurzí COP, které odpovídají amplitudě vibrací. V jejich studii způsobila vibrace posturální výchylky s latencí 1 – 2 sekundy a jejich směr byl charakteristický pro daný stimulovaný sval, či svalovou skupinu. Při bilaterální stimulaci mm. recti superiores docházelo k výchylkám těla směrem dopředu. Vibrace mm. recti inferiores iniciovala pohyb těla směrem dozadu (viz obr. 5). Tento fakt dokazuje, že směr výchylek COP závisí na příslušné skupině stimulovaných extraokulárních svalů. Posturální výchylky se zvětšují s rostoucí frekvencí mechanické vibrace. Pokud je vibrací stimulováno více skupin, například mm. recti inferiores a m. soleus nebo m. sternocleidomastoideus, jsou posturální odpovědi výraznější než při stimulaci jednoho svalu nebo skupiny. Tím jsou potvrzeny vzájemné vztahy mezi proprioceptory, které tak tvoří uzavřený celek.

Obrázek 5. Trajektorie COP při mechanické vibraci daných svalů (Roll & Roll, 1988)



Legenda k obrázku 5:

- A ... stimulace m. rectus lateralis pravého oka a m. rectus medialis levého oka;
- B ... stimulace m. rectus lateralis levého oka a m. rectus medialis pravého oka;
- C ... bilaterální stimulace mm. recti superiores;
- D ... bilaterální stimulace mm. recti inferiores.

2.2.5 Centrální a periferní vidění v posturální kontrole jedince

Na základě funkční morfologie sítnice jsou definovány dva mechanismy podílející se na posturální kontrole. Jedná se o centrální a periferní vidění.

Trevarthen in Nougier et al. (1997) navrhuje existenci dvou rozdílných celků:

- statický zrakový systém, který odpovídá foveální a parafoveální části retiny a rozlišuje zejména nehybné charakteristiky pozorovaného prostředí,
- dynamický zrakový systém představuje periferní část sítnice a zprostředkovává směrové a rychlostní charakteristiky aktuálně nahlíženého zorného pole (Nougier, 1997). Podle Kelly in Berencsi et al. (2005) je periferní zrak více senzitivní k časově vázaným změnám prostředí.

Neexistují jednotné názory na význam centrálního a periferního vidění v posturální kontrole. Bardy et al. in Berencsi et al. (2005) rozlišují tři teorie, které popisují úlohu centrálního a periferního vidění:

- „*peripheral dominance theory*“ předpokládá nadřazenost periferního vidění v posturální kontrole a při volném pohybu,
- „*retinal invariance theory*“ připisuje stejný význam jak centrálnímu, tak perifernímu vidění,
- „*functional sensitivity hypothesis*“ zdůrazňuje funkční rozdílnost, avšak vzájemnou komplementaritu těchto dvou funkčních složek zrakového systému.

Protichůdné názory na uplatnění dvou kvalit zrakového vnímání vyplývají z odlišných definic centrálního a periferního vidění, které jsou postaveny na funkčních nebo neuroanatomických principech (viz výše) (Piponnier et al., 2009). Podle Guerraz & Bronstein (2008) má periferní vidění větší význam především díky větší ploše periferní sítnice, která může být stimulována (asi 200°). Rozdílnou funkční specializací centrální a periferní části pro posturální kontrolu nepředpokládají.

2.2.5.1 Směrové ovlivnění posturálních výchylek

Předpokladem odlišného vlivu centrálního a periferního vidění na bilanci je změna velikosti posturálních výchylek, jako posturální odpovědi na změněné zrakové podmínky.

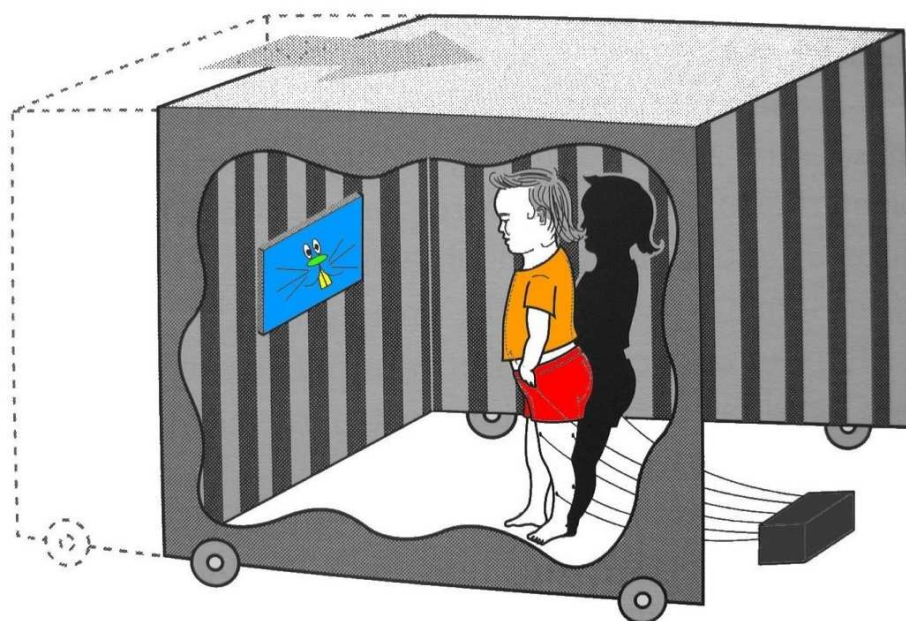
Za současné alterace somatosenzorického systému dochází ke směrovému ovlivnění titubací v závislosti na typu zrakové informace. Periferní zraková informace zlepšuje posturální výchylky v antero-posteriorním směru, kdežto centrální vidění má větší význam pro stabilizaci v medio-laterálním směru (Nougier, 1997; Stoffregen, 1985).

Berencsi et al. (2005) zvažují dvě teorie směrového ovlivnění posturálních výchylek. První vysvětlení je v souladu s anatomicko-biomechanickými zákonitostmi. Se zvyšujícími se nároky na stabilitu dochází k uplatnění zejména kotníkové strategie v antero-posteriorním směru, kdežto latero-laterální směr je v kotníku téměř nemožný (Winter in Berencsi et al., 2005). Druhá teorie objasňuje vztah směru titubací vzhledem k umístění zrakového stimulu vůči pozorovateli. Zrakový podnět lokalizovaný před probandem způsobil antero-posteriorní výchylky, kdežto pokud byl

posunut laterálněji od něj, vyvolal zrakový vjem výchylky spíše medio-laterálně (Stoffregen et al. in Berencsi et al., 2005). Závislost směru posturálních výchylek je prokázána i za nestandardních podmínek. Jakmile proband otočí trup, hlavu a oči, přičemž následně zrakem fixuje cíl, dochází k posunu obrazu na sítnici a k aktivitě posturálních svalů pro zajištění stability. Vzájemný vztah mezi informací z retiny a aktivitou posturálních svalů tak vykazuje výraznou přizpůsobivost k okolním podmínkám (Wolsley et al., 1996).

Posturální chování probanda v experimentálně vytvořené pohybuující se místnosti odpovídá také získanému zrakovému vjemu. Při pohybu místnosti vpřed a vzad titubuje proband ve stejném směru se shodnou frekvencí (Redfern et al., 2001). Tato situace je chápána jako kompenzační mechanismus posturálního systému, kdy pohyb kabiny proti testované osobě vyvolá pocit pádu a dojde tedy ke kompenzačnímu pohybu vzad (Sundermier et al. in Shumway-Cook & Woollacott, 2001) (viz obr. 6). Podle Dichans et al. in Guerraz & Bronstein (2008) je prokázána závislost mezi velikostí frekvence pohybuující se scény a posturálními výchylkami. Nejvýraznější efekt byl zaznamenán při frekvencích 0,2 Hz, při frekvencích vyšších než 0,3 Hz byl vliv zraku na titubace sniženy.

Obrázek 6. Směr posturálních výchylek ve vztahu k pohybuujícímu se prostředí (Bronstein et al., 2004)

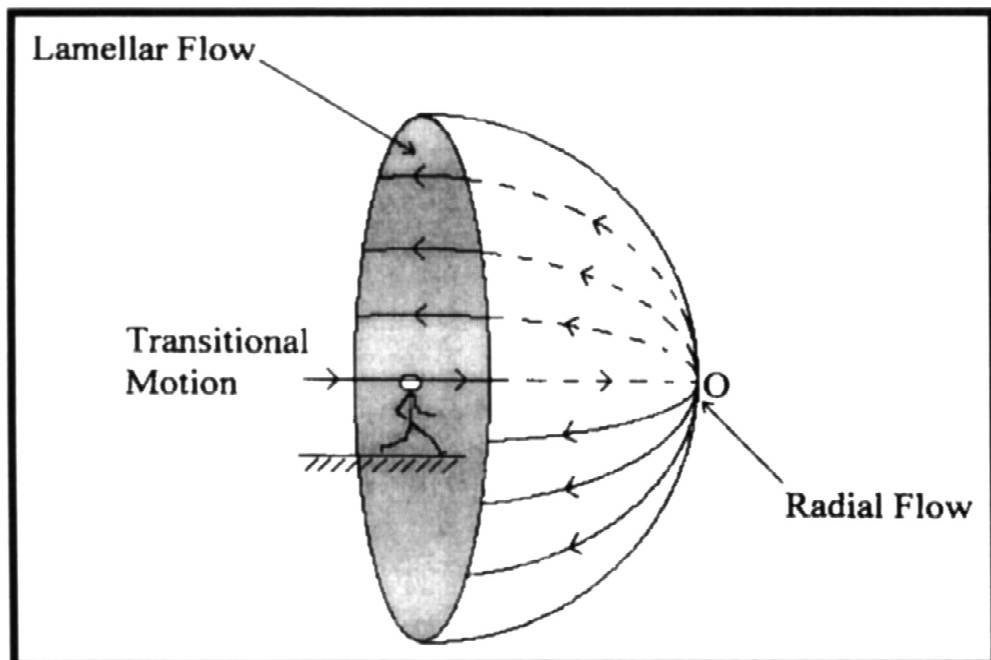


2.2.5.2 Posturální chování za dynamických podmínek

Piponnier et al. (2009) sledovali význam centrálního a periferního vidění s využitím virtuální reality. Jeden z výsledků prokazuje, že není významný rozdíl ve významu centrálního a periferního vidění za statických podmínek, kdy je stimulace z okolního prostředí označována jako kvazi-homogenní. Rozdíly se projevují především za dynamických podmínek, přičemž posturální odpovědi jsou závislé na vzdálenosti a rychlosti pozorovaného objektu nebo jedince vůči okolí.

Dynamické podmínky představuje tzv. optic flow. Jedná se o projekci vizuální scény na retinu během pohybu jedince (Gibson in Habak et al., 2002), která zahrnuje veškeré změny nazíraného prostředí (Habak et al., 2002). Sledovaný bod zobrazený na centrální sítnici se při pohybu v prostředí rozbíhá a vytváří pomyslné linie shodné se směrem vektoru pohybu. Před pozorovatelem mají linie radiální charakter (radial flow), v okamžiku přesunu objektu periferně, získávají linie lamelární charakter (lamellar flow) (viz obr. 7) (Wade & Jones, 1997).

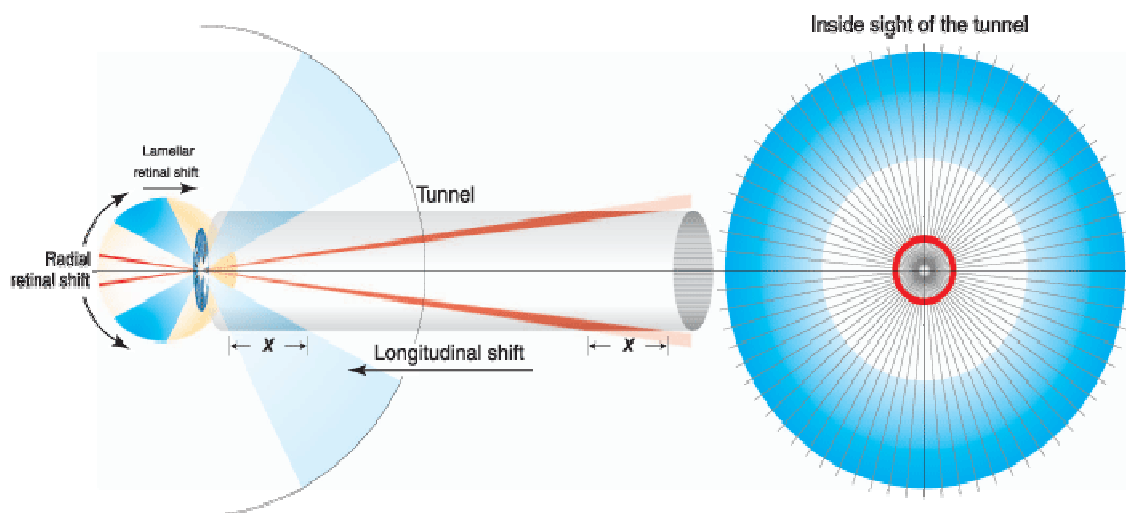
Obrázek 7. 3D znázornění linií optic flow při pohybu pozorovatele prostředím (Wade & Jones, 1997)



Tohle však platí za podmínky, kdy jsou oči nasměřovány ve směru pohybu. Pokud dochází k pootočení hlavy nebo očí do strany, je situace opačná. Lamellar flow se přesouvá do oblasti centrální části retiny, zatímco radiální část je v oblasti periferního zraku. Tato situace však při běžné lokomoci nenastává (Stoffregen, 1985), což je v souladu s faktem, že periferní vidění je senzitivnější k lamelární části zorného pole, kdežto centrální zrak vykazuje větší senzitivitu jak k lamelární, tak i k radiální části optic flow (Stoffregen, 1985; Nougier, 1998).

Podle Gibson in Piponnier et al. (2009) se při antero-posteriorních pohybech shoduje tvar obrazu na retině s optic flow. Při pokusu ve virtuálním tunelu se projektuje centrální část pohybující se scény kolmo na směr pohybu a jedná se o nejvzdálenější nazírané objekty s nejmenší velikostí. Nejbližší elementy sledovaného prostředí zaujímají větší velikost a jsou zobrazeny v periferní části sítnice paralelně ke směru pohybu (viz obr. 8). V periferní části sítnice je rychlost pohybujících se objektů vyšší, s čímž souvisí i větší strukturální změny optic flow v mimofoveálních částech sítnice (Piponnier et al., 2009).

Obrázek 8. Způsob projekce optic flow na sítnici oka ve virtuálním 3D tunelu (Piponnier et al., 2009)



Centrální a periferní zrak vykazuje odlišný význam v posturální kontrole i v situaci, kdy je zrakový systém stimulován prostřednictvím optic flow. Při pohybu

zrakového podnětu byly prokázány větší amplitudy posturálních výchylek během stimulace periferní části sítnice v porovnání s centrální (Pipponier et al., 2009).

Podle Stoffregen (1985) a Kawakita et al. (2000) je pro posturální kontrolu periferní zrak senzitivnější k lamelární části optic flow, zatímco centrální zrak využívá lamelární i radiální část optic flow.

Za dynamických podmínek, například při chůzi, má centrální vidění dominantní význam v orientaci, zatímco periferní zrak se podílí zejména na okamžité aktualizaci strukturálních změn nazíraného prostředí. Proto pro jedince se ztrátou či omezením centrální části zorného pole je těžší orientovat se a pohybovat v neznámém prostředí. Tito jedinci nedostatečně využívají optic flow, které poskytuje informace o směru pohybu, hloubce a vzdálenosti pozorovaných objektů (Turano et al., 2005).

Pro orientaci a lokomoci v neznámém prostředí využíváme dvě strategie, které získávají informace o prostoru ve vztahu k jedinci a okolí. První strategie se opírá o strukturu a vlastnosti optic flow (viz výše). Egocentrická strategie zajišťuje lokomoci za určitým dosažitelným cílem bez ohledu na okolní prostředí a situaci (například matně osvětlené prostředí nebo umělé rozptýlené světlo), a je vnímána zejména vzdálenost sledovaného cíle. Za běžných podmínek nedochází k preferenci jedné ze strategií. V klinice je prokázáno, že jedinci s poškozením centrálního zorného pole využívají méně informace získané prostřednictvím optic flow (Turano et al., 2005).

2.2.6 Monokulární versus binokulární vidění

Při pozorování okolního prostředí umožňuje binokulární vidění vnímat tzv. hloubku prostoru. Jedná se o prostorové vidění, které je důležité pro orientaci v prostoru a lokomoci (Králíček, 2002). Avšak Syka et al. (1981) argumentují, že při monokulárním pozorování prostředí jsou prostorové vlastnosti zachovány. Podle autorů jsou tyto schopnosti umožněny především tzv. zrakovou zkušeností.

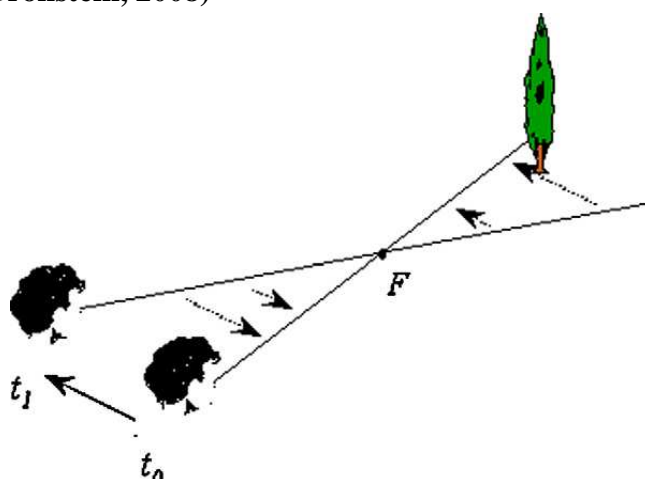
Objevují se odlišné názory na význam monokulárního a binokulárního vidění na posturální stabilitu. Kunkel et al. in Isotalo (2004) a Fox (1990) uvádí, že binokulární vidění zmenší posturální výchylky daleko efektivněji než monokulární podmínky. Podle Isotalo et al. (2004) je efekt binokulárního vidění na klidný stoj zcela individuální a jeho význam tak nelze zobecnit. Taktéž uvažují, že zlepšení stability nemusí být cestou získané zrakové informace, ale prostřednictvím proprioceptivní

informace z extraokulárních svalů, které jsou aktivní při otevřených očích. Tuto teorii potvrzuje i poznatek, že posturální stabilita je větší u probanda s otevřenýma očima v tmavé místnosti (Isotalo et al., 2004).

Bylo prokázáno, že pokud jedinec pozoruje pohyblivou zrakovou scénu, tak tzv. stereo informace získaná binokulárním viděním zlepšuje vnímání vlastních titubací, čímž dochází k zlepšení posturální stability (Palmisano in Streepey et al., 2007).

V 3D prostředí, zprostředkovaném binokulárním viděním, dochází při laterálním pohybu pozorovatele k odlišným pohybům mezi jednotlivými elementy sledovaného prostředí. Tento jev se označuje jako pohybová paralaxa (Fox, 1990; Guerraz & Bronstein, 2008). Pokud pozorovatel zrakem fixuje objekt v prostředí a zároveň se pohybuje do strany, dochází na retině k odlišným pohybům vzhledem k sledovanému cíli. Objekty umístěné za pozorovaný bod (v pozadí) se pohybují ve směru pohybu probanda, zatímco přední elementy prostředí jdou v opačném směru (viz obr. 9). Tato situace vyvolává zrakem podmíněné posturální reakce. Jestliže dochází k pohybu celé 2D nebo 3D scény, odpovídá směr posturálních výchylek pozorované scéně, naopak při simulaci pohybové paralaxy, kdy je mezi probanda a pozorovanou scénou umístěno stacionární okno, je situace opačná a výchylky jsou v opačném směru (Guerraz & Bronstein, 2008).

Obrázek 9. Směr retinálního pohybu jednotlivých složek prostředí při fixovaném cíli (Guerraz & Bronstein, 2008)



Legenda k obrázku 9:

F ... zrakem fixovaný objekt;

t_0 ... výchozí bod;

t_1 ... konečný bod pohybu.

2.2.7 Zraková dominance

Oči, jako párový orgán, vykazují asymetrické vlastnosti a nevyvážené použití obou očí. Na základě těchto fyziologických rozdílností jsou stanoveny pojmy zrakové dominance a prevalence³, které spadají pod obecnější označení – zraková preference. Odlišnosti představuje zejména nestejná zraková ostrost, zaměřovací schopnosti ve smyslu očních pohybů a vzájemná konkurence.

Zrakovou dominanci, tzv. okovost, můžeme hodnotit na základě dvou kritérií. Tzv. motorická pozorovací dominance předpokládá větší upřednostňování jednoho oka na motorickém podkladě. Teorie sensorické dominance je založena na konkurenci v rámci binokulárního vidění, kdy dominantní oko má funkci tzv. kontrolujícího oka (Berner in Asawaka et al., 2007).

Bylo prokázáno, že preference jednoho oka je ovlivnitelná působením vnějších faktorů. Při vizuální deprivaci a restrikci zrakových podnětů sešitím jednoho víčka novorozenců koťat je aktivační účinek signálů z deprivovaného oka mnohem menší než u stimulovaného oka (Hubel & Weisel in Trojan & Pokorný, 1997) a zraková kúra tak následně upřednostňuje signály z dříve preferovaného oka (Trojan & Pokorný, 1997). V dospělosti lze neměnitelnost sensorické dominance prokázat na funkční magnetické rezonanci, kdy zrakový vjem vytvořený prostřednictvím dominantního oka aktivuje větší oblast primární zrakové kůry než nedominantní oko (Rombouts et al. in Ehrenstein, 2005).

V rámci posturální stability odlišuje Gentaz in Isotalo (2004) tzv. preferované (posturální) oko. Při pozorování tímto okem je prokázána lepší posturální stabilita, podle autora nemusí však jít nutně o dominantní oko. K těmto závěrům dospěl i Isotalo (2004). Podle studie Asakawa et al. (2007) je větší význam nedominantního oka pro posturální stabilitu prokázán při současné fixaci stacionárního zrakového cíle.

2.2.8 Význam zraku v posturální kontrole vzhledem k věku

Bullinger & Jouen in Woollacott (1988) uvádí, že novorozenec je již v prvních hodinách po porodu schopný orientovat se prostřednictvím zrakového stimulu. Podle Fostera et al. in Greffou et al. (2008) vykazuje zrakový systém v posturální kontrole

³ Podrobné vysvětlení těchto pojmů přesahuje rámec a cíl této práce.

větší význam, než u dospělých. Funkce zrakového systému převažuje v posturální kontrole nad vestibulárním a somatosenzorickým systémem. Příčinou je zejména nemožnost srovnání informací ze všech tří systémů a jejich nevyzrálá funkce (Forsberg & Nashner in Greffou et al., 2008).

První posturální odpovědi, které představují reakce na pohybující se podnět, se objevují během druhého roku života, kdy zrak získává plnou funkční zralost (Pyykkö et al., 1988). Podle Riach & Hayes (1987) získává zrakově-posturální kontrola definitivní podobu mezi 7. a 8. rokem věku a posturální výchyly klesají lineárně s rostoucím věkem.

V dětském věku je nepochybně odlišná fixace stacionárního zrakového podnětu (Zernicke et al. in Riach & Hayes, 1987) ve srovnání s dospělými (Lee & Lishman in Riach & Hayes, 1987), s čímž souvisí nedostatečná schopnost využít stabilní obraz projektovaný na sítnici (Riach & Hayes, 1987).

Odlišný význam vykazuje centrální a periferní vidění. U dětí ve věku 1 až 5 let je pro kontrolu stoje a lokomoce významnější periferní vidění (Stoffregen et al. in Nougier et al., 1998), které se uplatňuje zejména v dynamických situacích jako je běh a chůze (Assaiante et al., 1988). Podle Assaiante & Amblard in Nougier et al. (1998) je signifikantnější význam periferního vidění u dětí mezi 3. a 10. rokem, s výjimkou 7. roku, kdy je snižená senzitivita vůči perifernímu vidění, jeho význam nastupuje opět mezi 8. až 9. rokem a trvá až do dospělosti (Assaiante et al., 1988). Nougier et al. (1998) prokázali, že význam centrálního a periferního vidění je obdobný u skupiny probandů v 6. a 10. roku, zatímco probandi v období 8. roku využívali pro posturální stabilitu více centrální zrak, než periferní. Z těchto studií je zřejmé, že období mezi 7. a 8. rokem představuje přechodnou fázi ve vývoji posturální kontroly a v 8. roku věku dočasně stoupá význam centrálního vidění nad periferním.

S věkem dochází k poklesu zrakové funkce, jedná se o zrakovou ostrost, ztrátu periferního vidění, omezení zrakového pole, poškození prostorového vnímání apod. Tyto věkově vázané změny zrakového systému následně ovlivňují posturální kontrolu a stabilitu (Pitts in Shumway-Cook & Woollacott, 2001).

Podkladem vizuo-motorických procesů, které jsou základem posturální kontroly, je aktivita řady mozkových oblastí, které jsou rozsáhlé, ale tvoří jednotný funkční celek. Jedná se o oblast fronto-parietální a okcipitální (Slobounov et al. in Greffou et

al., 2008). Pro komplexní hybnost a kontrolu plánovaného pohybu je také nutná bilaterální aktivace parietální oblasti. Nepostradatelná je oboustranná aktivace mozečku, který má význam zejména v okulomotorice pro vyladění sledovacích pohybů (Greffou et al., 2008; Mumenthaler & Mattle, 2001). Tyto a další oblasti vyžadují vzájemnou spolupráci a jejich integrace dozrává v mezi 16. a 19. rokem věku. Toto období je tak předpokladem zralosti posturální kontroly (Greffou et al., 2008).

2 CÍLE A HYPOTÉZY

CÍL

Cílem práce je objektivizovat vliv zrakových podmínek na posturální stabilitu prostřednictvím posturografických testů, a objasnit tak význam centrálního a periferního vidění, dominantního a nedominantního oka v posturální kontrole jedince.

HYPOTÉZY

H₀₁: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při plné zrakové kontrole a při vyřazení zraku neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

H₀₂: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se za podmínek centrálního a periferního vidění neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

H₀₃: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při sledování vizuální scény dominantním a nedominantním okem neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

H₀₄: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při otevřených očích a periferním viděním neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

H₀₅: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při otevřených očích a centrálním viděním neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

H₀₆: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při zavřených očích a periferním viděním neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

H₀₇: Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při zavřených očích a centrálním viděním neliší:

- a) na tvrdé podložce
- b) na molitanové podložce.

3 METODA VÝZKUMU

3.1 Metodika měření

Měření probíhalo v Kineziologické laboratoři Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství Fakultní nemocnice v Olomouci.

3.1.1 Charakteristika testovaného souboru

Ve studii jsme měřili skupinu 20 probandů, vysokoškolských studentů, v průměrném věku 23 ± 1 let, průměrné výšky 173 ± 6 cm a váhy 64 ± 10 kg, z toho bylo 19 žen a 1 muž. Pro hodnocení vlivu dominantního a nedominantního oka jsme do statistického zpracování zařadili 16 probandů, u kterých bylo pomocí testů zrakové dominance zjištěno pravé dominantní oko. Do studie byli zahrnuti probandi bez neurologického, ortopedického a traumatologického nálezu. V rámci zrakových vad jsme akceptovali korekci pomocí kontaktních čoček.

3.1.2 Postup měření

Snažili jsme se zajistit, aby prostředí místnosti bylo klidné s minimalizací rušivých akustických vjemů, se stálou teplotou. Všichni probandi podepsali informovaný souhlas, kde byli seznámeni s průběhem a účelem měření (viz Příloha 4). Taktéž vyplnili anketu (viz Příloha 5), jejímž cílem bylo získat informace o neurologické, ortopedické a traumatologické anamnéze, na základě které jsme eventuelně mohli vyloučit jedince, jejichž stav by nevyhovoval požadavkům testovaného souboru.

Vyšetřili jsme zrakovou dominanci třemi testy:

- hole in the card test (viz Příloha 6) – vyšetřovaná osoba pozoruje binokulárně průzorem prostříženým v papírové kartě vzdálený bod. Při monokulárním pozorování nedominantním okem dochází k posunu pozorovaného bodu, zatímco u sledování dominantním okem je možné bod pozorovat průzorem (Seijas et al., 2007).

- Miles test – je modifikace testu hole-in-the-card, kdy si vyšetřovaná osoba vytvoří průzor z prstů obou horních končetin, kterým pozoruje binokulárně vzdálený bod (Roth et al., 2002).
- camera test – za dominantní oko je považováno to, které se podívá do hledáčku kamery nebo klíčové dírky, tzv. pozorovací oko (anonym).

Posturografické měření probíhalo na tenzometrické plošině v kabině posturografu firmy Neurocom[®], modul Smart EquiTest System. Postavení dolních končetin na plošině jsme nastavili podle doporučených standardů firmy Neurocom[®], kdy nastavenou velikost opěrné báze určuje výška probanda. Stabilitu jsme hodnotili pomocí Sensory organization testu. V rámci tohoto testu jsme měřili pouze první testovanou situaci (klidný stoj s otevřenými očima, nehybnou plošinou i kabinou). Každá testovaná podmínka byla měřena ve třech opakováních po 20 vteřinách. Úkolem probandů bylo udržet klidný stoj s horními končetinami volně podél těla a zrakem fixovat terč o průměru 5 cm umístěný v úrovni očí. Celkem jsme měřili posturální výchylky v průběhu 10 zrakových podmínek:

- otevřené oči (OE),
- zavřené oči (CE),
- centrální vidění (CV),
- periferní vidění (PV),
- levé oko (L),
- centrální vidění levého oka (L_CV),
- periferní vidění levého oka (L_PV),
- pravé oko (P),
- centrální vidění pravého oka (P_CV),
- periferní vidění pravého oka (P_PV).

Jednotlivé podmínky byly hodnoceny při stoji na tvrdé silové plošině a na molitanu, jehož prostřednictvím byl alterován somatosenzorický systém. Pořadí zrakových podmínek během testování bylo standardní.

Výsledné parametry zahrnuje procentuálně vyjádřené Equilibrium score, kdy jsou hodnoty EQ score porovnávány k maximálním antero-posteriorním výchylkám COG (100 %) způsobeným během testované situace. Hodnoty COG alignment

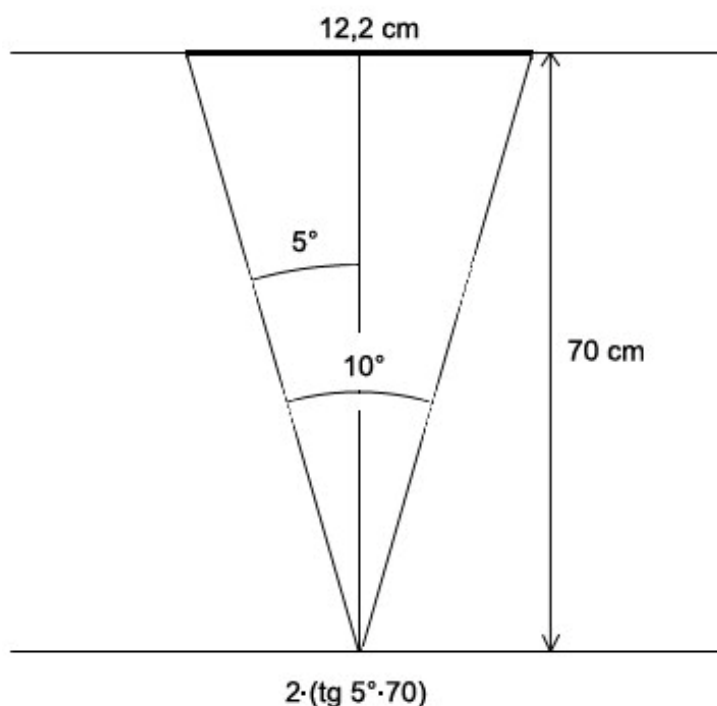
znázorňují velikost výchylek těžiště projektovaného do podložky. Parametr Strategy analysis hodnotí převahu kotníkové, či kyčelní strategie. Pokud se parametr blíží hodnotě 100, převažuje kotníková strategie, čím nižší je číslo, tím více převažuje kyčelní strategie (Anonym, 2001).

Standardizace měření

Centrální vidění bylo zajištěno papírovým kornoutem s prostříženou špicí (viz Příloha 7), tak aby byl průzor omezen na 10 stupňů zorného pole.

Velikost průzoru jsme určili výpočtem na základě úvahy: proband stojící v kabině má vzdálenost očí od stěny kabiny 70 cm. Předpokládáme, že rovina očí je rovnoběžná s přední stěnou kabiny. Aby bylo zajištěno 10° zorného pole, musí být jeho velikost na základě výpočtu o průměru 12,2 cm (viz obr. 10)

Obrázek 10. Schematické znázornění výpočtu pro standardizaci centrálního vidění



Periferní vidění jsme zajistili na základě simulace centrálního skotomu. Před oči byla umístěna papírová překážka (viz Příloha 8), přičemž úkolem testované osoby bylo mířit oči neustále na zrakový terč, který byl za překážkou, neuhýbat očima a mít zaostřeno do dálky.

Monokulární vidění jsme zajistili překrytím netestovaného oka náplastí o velikosti 10 x 8 cm (viz fotodokumentace Příloha 9). Základní podmínkou bylo, aby měl proband pod náplastí oko otevřené, a aby náplast na oku taktilně nedráždila. Pro centrální a periferní vidění jednoho oka jsme použili stejný kornout a papírovou překážku jako u binokulárního vidění.

Statistické zpracování naměřených dat

Z výsledných záznamů (příklad viz Příloha 10) jednotlivých testovaných podmínek jsme získali pro každý pokus hodnoty Equilibrium v procentuálním vyjádření a hodnoty COG alignment v centimetrech, kde první hodnota vyjadřuje výchylky v ose x a druhá hodnota výchylky na ose y.

Ke statistickému zpracování dat byl použit softwarový systém STATISTICA CZ, verze 9.0, StafSoft. Získaná data ze tří pokusů jsme průměrovali pro všechny měřené veličiny (posturální výchylky ve směru osy x, osy y a hodnoty EQ score). Z dat byly vypočítány základní statistické veličiny (průměr, medián, směrodatná odchylka, směrodatná chyba, 95% rozpětí). Pro testování hypotéz H_{01} , H_{02} , H_{04} až H_{07} jsme použili jednofaktorovou analýzu rozptylu a post-hoc Fisherův LSD test. Hypotézy jsme stanovili jako nulové a statistickou významnost jsme určovali na 5% hladině ($p < 0,05$). Pro testování hypotézy H_{03} jsme aplikovali párový Studentův t-test.

4 VÝSLEDKY

V tabulce 1 jsou zobrazeny výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu k hypotézám H_{01} , H_{02} , H_{04} až H_{07} . Měřenými parametry jsou latero-laterální výchylky na ose x, antero-posteriorní výchylky na ose y a hodnoty EQ. Obrázky 11, 12, 13 zobrazuje vliv testovaných situací na konkrétní parametry pro hypotézy H_{01} , H_{02} , H_{04} až H_{07} .

Tabulka 1. Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro porovnání výchylek v ose x, y a hodnoty EQ score k hypotézám H_{01} , H_{02} , H_{04} až H_{07}

	osa x		osa y		EQ score	
	F	p	F	p	F	p
podložka	120,879	0**	15,956	0**	510,4	0**
test	0,980	0,456	1,487	0,151	39,9	0**
podložka*test	0,249	0,987	0,542	0,843	18,3	0**

Legenda k tabulce 1:

F ... hodnota testovacího kritéria analýzy rozptylu;

p ... hladina statistické významnosti;

* ... $p < 0,05$;

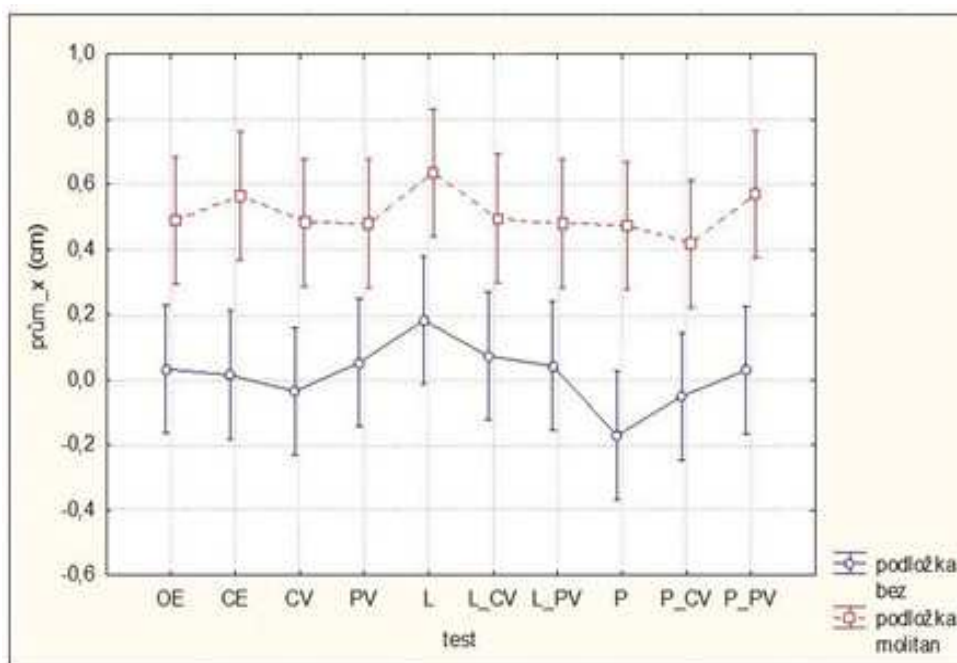
** ... $p < 0,01$;

podložka ... hodnocení statisticky významného rozdílu pro výsledné hodnoty s ohledem na typ podložky;

test ... hodnocení statisticky významného rozdílu pro výsledné parametry s ohledem na typ testované zrakové podmínky;

podložka*test ... hodnocení statisticky významného rozdílu s ohledem na kvalitu podložky a dané testované zrakové podmínky.

Obrázek 11. Grafické znázornění vlivu jednotlivých zrakových testů na velikost posturálních výchylek na ose x



Legenda k obrázku 11:

prům_x ... průměrná velikost posturálních výchylek na ose x pro jednotlivé testované podmínky ;

podložka bez ... testování stoje na tvrdé podložce;

podložka molitan ... testování stoje na molitanové podložce;

OE ... otevřené oči;

CE ... zavřené oči;

CV ... centrální vidění;

PV ... periferní vidění;

L ... pozorování levým okem;

L_CV ... centrální vidění levého oka;

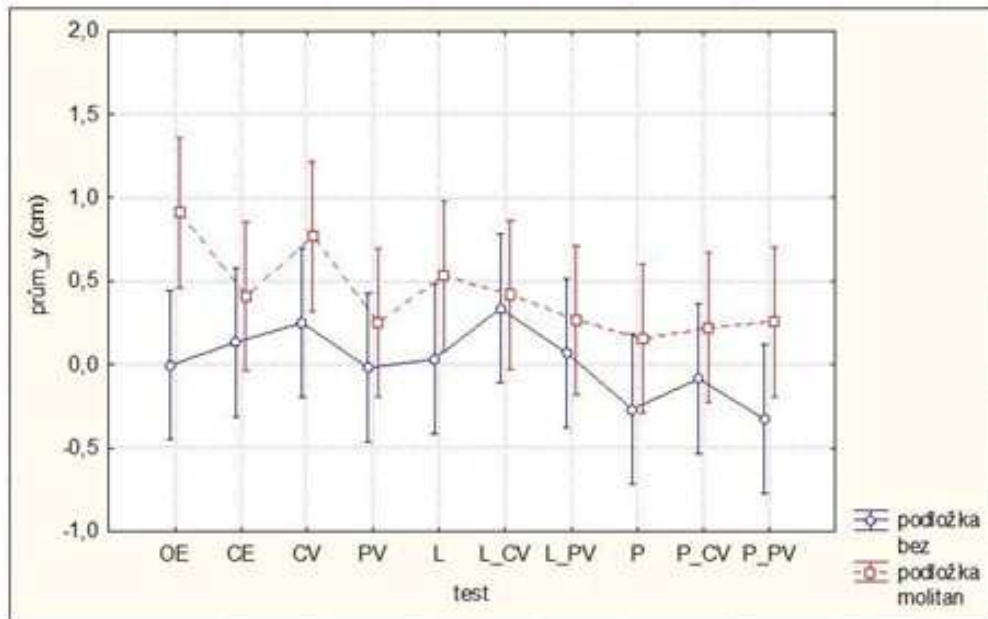
L_PV ... periferní vidění levého oka;

P ... pozorování pravým okem;

P_CV ... centrální vidění pravého oka;

P_PV ... periferní vidění pravým okem.

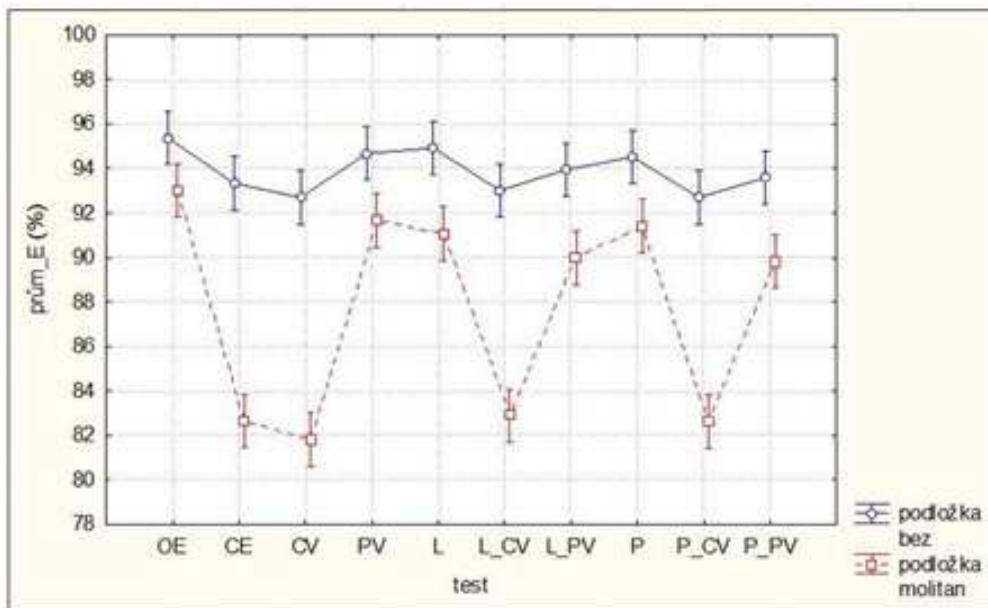
Obrázek 12. Grafické znázornění vlivu jednotlivých zrakových testů na velikost posturálních výchylek na ose y



Legenda k obrázku 12:

prům_y ... průměrná velikost posturálních výchylek na ose y pro jednotlivé testované podmínky ;
 legenda k jednotlivým zrakovým podmínkám a typům podložky viz obrázek 11.

Obrázek 13. Grafické znázornění vlivu jednotlivých zrakových testů na velikost hodnot EQ score



Legenda k obrázku 13:

prům_E ... průměrné hodnoty EQ score pro jednotlivé testované podmínky;
 legenda k jednotlivým zrakovým podmínkám a typům podložky viz obrázek 11.

4.1. Výsledky k hypotéze H₀₁

Hypotéza H₀₁: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při plné zrakové kontrole a při vyřazení zraku neliší:*

- a) *na tvrdé podložce*
- b) *na molitanové podložce.*

Testováním hypotézy H₀₁ jsme u sledovaných parametrů zjišťovali rozdíly ve vlivu otevřených (OE) a zavřených očí (CE) na posturální stabilitu. Hodnotili jsme stoj na tvrdé a molitanové podložce.

V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fischerova LSD testu. Obrázek 14 znázorňuje grafickou závislost vlivu otevřených a zavřených očí na hodnoty EQ score.

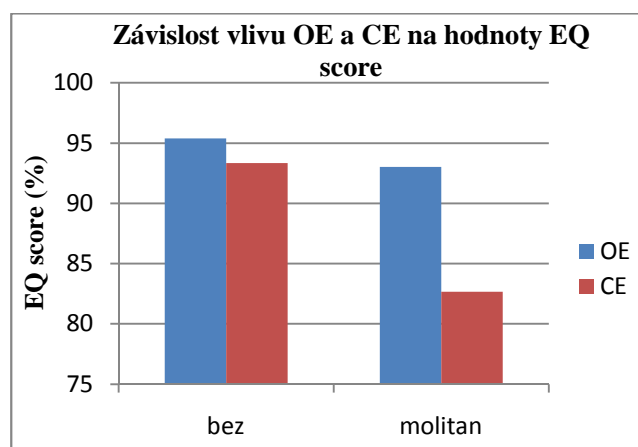
Tabulka 2. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro testování vlivu otevřených a zavřených očí

typ podložky	osa x	osa y	EQ score
tvrdá podložka	0,897	0,667	0,018*
molitan	0,604	0,121	0**

Legenda k tabulce 2:

osa x ... hodnota hladiny statistické významnosti pro latero-laterální výchylky ve směru osy x;
osa y ... hodnota hladiny statistické významnosti pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y;
EQ score ... hodnota hladiny statistické významnosti pro hodnoty EQ score.

Obrázek 14. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a zavřených očí na hodnoty EQ score při stoji na tvrdé a molitanové podložce



Legenda k obrázku 14:

OE ... otevřené oči; CE ... zavřené oči; bez ... stoj na tvrdé podložce; molitan ... stoj na molitanové podložce.

Komentář k výsledkům H₀₁

Podle post-hoc Fisherova LSD testu jsou rozdíly ve vlivu otevřených a zavřených očí na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ pro parametr EQ score při stožení na tvrdé podložce. V situaci na molitanové podložce jsou statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,01$. *Hypotézu tedy zamítáme pro hodnoty EQ score na tvrdé i molitanové podložce. Hypotézu nelze zamítnout pro hodnoty výchylek v ose x a v ose y.*

Podle obrázku 14 je zřejmý vliv molitanové podložky, kdy došlo k rozdílu testovaných zrakových podmínek.

4.2 Výsledky k hypotéze H₀₂

Hypotéza H₀₂: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se za podmínek centrálního a periferního vidění neliší:*

- a) *na tvrdé podložce*
- b) *na molitanové podložce.*

Testováním hypotézy H₀₂ jsme u sledovaných parametrů zjišťovali změny posturální stability v souvislosti s centrálním (CV) a periferním viděním (PV) při stožení na tvrdé a molitanové podložce. V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro testované podmínky. Obrázek 15 zobrazuje vliv CV a PV na velikost posturálních výchylek ve směru osy x a y. Obrázek 16 znázorňuje vliv CV a PV na velikost hodnot EQ score.

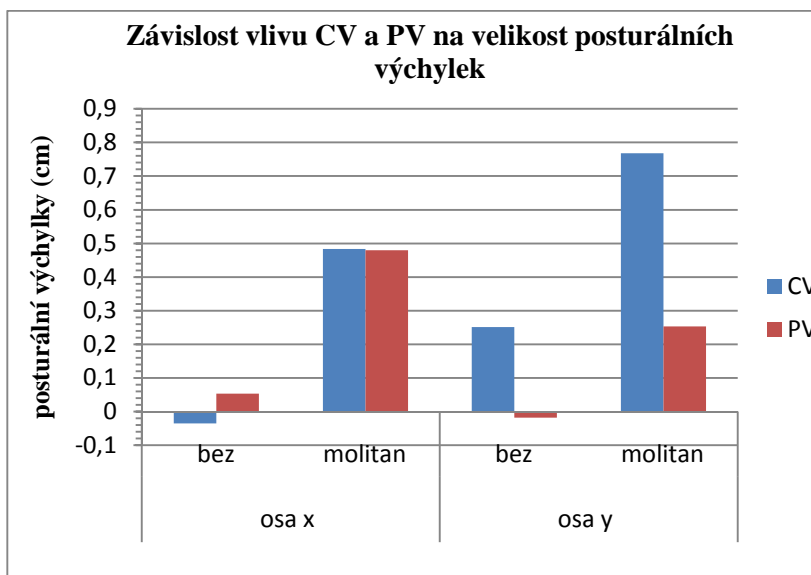
Tabulka 3. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu centrálního a periferního vidění

typ podložky	osa x	osa y	EQ score
tvrdá podložka	0,533	0,401	0,022*
molitan	0,981	0,110	0**

Legenda k tabulce 3:

osa x ... hodnota hladiny statistické významnosti pro latero-laterální výchylky ve směru osy x;
osa y ... hodnota hladiny statistické významnosti pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y;
EQ score ... hodnota hladiny statistické významnosti pro hodnoty EQ score.

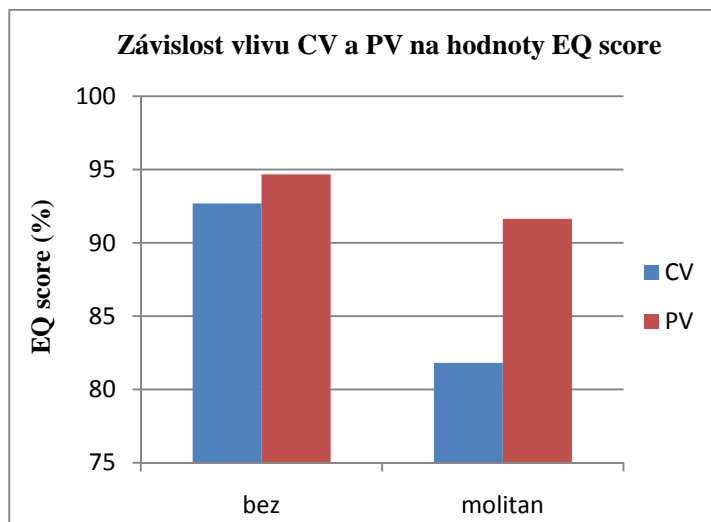
Obrázek 15. Grafické zobrazení vlivu centrálního a periferního vidění na velikost posturálních výchylek na ose x a ose y při stoji na tvrdé a molitanové podložce



Legenda k obrázku 15:

CV ... centrální vidění; PV ... periferní vidění; osa x ... velikost latero-laterálních výchylek; osa y ... velikost antero-posteriorních výchylek; bez ... stoj na tvrdé podložce; molitan ... stoj na molitanové podložce.

Obrázek 16. Grafické znázornění vlivu centrálního a periferního vidění na hodnoty EQ score na tvrdé a molitanové podložce



Legenda k obrázku 16:

CV ... centrální vidění; PV ... periferní vidění; bez ... stoj na tvrdé podložce; molitan... stoj na molitanové podložce.

Komentář k výsledkům H₀₂

Podle post-hoc Fisherova LSD testu jsou rozdíly ve vlivu centrálního a periferního vidění na hladině významnosti $p < 0,01$ pro parametr EQ score v situaci na molitanové podložce, rozdíly na hladině významnosti $p < 0,05$ platí pro testování na tvrdé podložce. *Hypotézu tedy zamítáme pro hodnoty EQ score na tvrdé i molitanové podložce. Hypotézu nelze zamítnout pro hodnoty výchylek na ose x a ose y.*

I přes statistickou nevýznamnost lze na obrázku 15 rozpoznat, že největší rozdíl ve vlivu centrálního a periferního vidění se projevil ve velikosti posturálních výchylek v situaci na molitanové podložce v antero-posteriorním směru.

4.3 Výsledky k hypotéze H₀₃

Hypotéza H₀₃: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při sledování vizuální scény dominantním a nedominantním okem neliší:*

- a) na tvrdé podložce*
- b) na molitanové podložce.*

U 16 probandů jsme testovali vliv dominantního (pravého) a nedominantního (levého) oka na posturální stabilitu. Testovali jsme vliv komplexní zrakové informace při monokulárním vidění, a také vliv centrálního a periferního vidění dominantního a nedominantního oka.

Hladinu statistické významnosti jsme hodnotili pomocí párového Studentova t-testu. V tabulkách 4, 5, 6 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti a hodnoty testovacího kritéria pro jednotlivé testované podmínky.

Tabulka 4. Hodnoty hladiny statistické významnosti a testovacího kritéria podle párového Studentova t-testu pro pozorování dominantním a nedominantním okem

D x N	tvrdá podložka		molitan	
	t	p	t	p
osa x	-2,196	0,036*	-0,698	0,491
osa y	-1,14	0,263	-1,935	0,062
EQ	-1,093	0,283	0,212	0,833

Legenda k tabulce 4:

t ... hodnota testovacího kritéria;

p ... hladina statistické významnosti;

* ... $p < 0,05$;

** ... $p < 0,01$;

D ... pozorování dominantním okem;

N ... pozorování nedominantním okem;

osa x ... parametr pro latero-laterální výchylky;

osa y ... parametr pro antero-posteriorní výchylky;

EQ ... parametr pro hodnoty EQ score.

Tabulka 5. Hodnoty hladiny statistické významnosti a testovacího kritéria podle párového Studentova t-testu pro vliv centrálního vidění dominantním a nedominantním okem

D_CV x N_CV	tvrdá podložka		molitan	
	t	p	t	p
osa x	-0,723	0,475	-0,210	0,835
osa y	-0,569	0,573	-0,765	0,450
EQ	-0,411	0,684	-0,578	0,568

Legenda k tabulce 5:

D_CV ... centrální vidění dominantního oka;

N_CV ... centrální vidění nedominantního oka;

legenda pro ostatní parametry viz legenda k tabulce 4.

Tabulka 6. Hodnoty hladiny statistické významnosti a testovacího kritéria podle párového Studentova t-testu pro vliv periferního vidění dominantním a nedominantním okem

D_PV x N_PV	tvrdá podložka		molitan	
	t	p	t	p
osa x	-0,393	0,697	1,091	0,284
osa y	-0,890	0,381	0,245	0,808
EQ	-0,250	0,804	-0,323	0,749

Legenda k tabulce 6:

D_PV ... periferní vidění dominantního oka;

N_PV ... periferní vidění nedominantního oka;

legenda pro ostatní parametry viz legenda k tabulce 4.

Komentář k výsledkům H₀₃

Podle párového Studentova t-testu jsou statisticky významné rozdíly ve vlivu dominantního a nedominantního oka na posturální stabilitu na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ pro posturální výchylky pouze ve směru osy x na tvrdé podložce. *Hypotézu tedy zamítáme pro latero-laterální výchylky ve směru osy x na tvrdé podložce. Hypotézu nelze zamítnout v případě latero-laterálních výchylek ve směru osy x na molitanové podložce. Hypotézu nelze zamítnout pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y a pro hodnoty EQ score při stoji na tvrdé a molitanové podložce.*

4.4 Výsledky k hypotéze H₀₄

Hypotéza H₀₄: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při otevřených očích a periferním viděním neliší:*

- a) *na tvrdé podložce*
- b) *na molitanové podložce.*

Testováním hypotézy H₀₄ jsme u sledovaných parametrů zjišťovali vliv otevřených očí (OE) a periferního vidění (PV) na posturální stabilitu při stoji na tvrdé a molitanové podložce. V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fischerova LSD testu. Obrázek 17 zobrazuje vliv OE a PV na velikost posturálních výchylek ve směru osy x a y. Obrázek 18 znázorňuje vliv OE a PV na hodnoty EQ score.

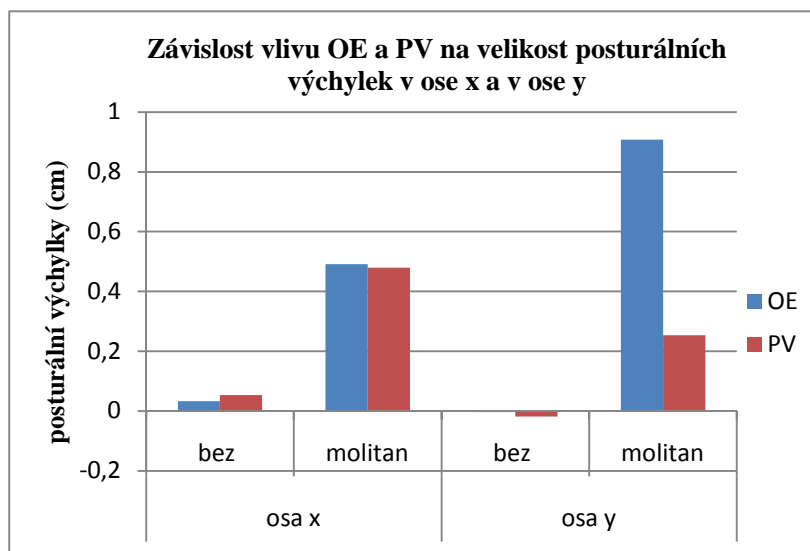
Tabulka 7. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu otevřených očí a periferního vidění na stabilitu

typ podložky	osa x	osa y	EQ score
tvrdá podložka	0,888	0,963	0,419
molitan	0,934	0,042*	0,115

Legenda k tabulce 7:

osa x ... hodnota hladiny statistické významnosti pro latero-laterální výchylky ve směru osy x;
osa y ... hodnota hladiny statistické významnosti pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y;
EQ score ... hodnota hladiny statistické významnosti pro hodnoty EQ score.

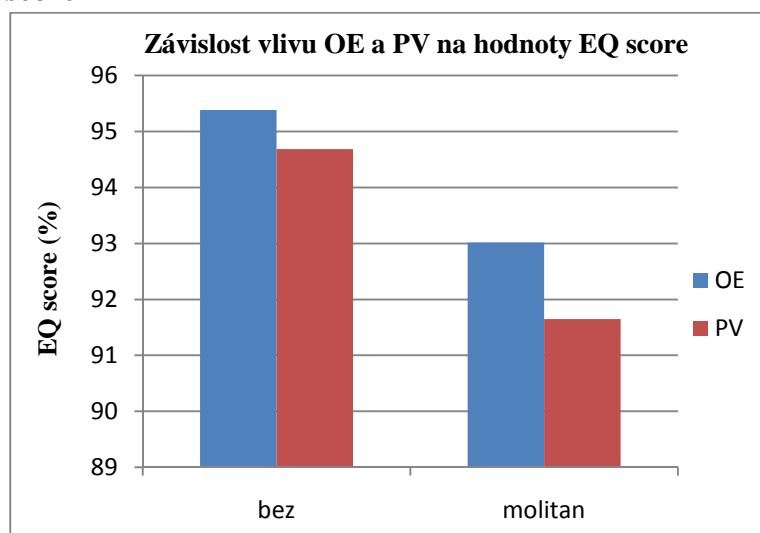
Obrázek 17. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a periferního vidění na velikost posturálních výchylek na ose x a ose y při stoji na tvrdé a molitanové podložce



Legenda k obrázku 17:

OE ... otevřené oči;
 PV ... periferní vidění;
 osa x ... velikost latero-laterálních výchylek;
 osa y ... velikost antero-posteriorních výchylek;
 bez ... stoj na tvrdé podložce;
 molitan ... stoj na molitanové podložce.

Obrázek 18. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a periferního vidění na hodnoty EQ score



Legenda k obrázku 18:

OE ... otevřené oči;
 PV ... periferní vidění;
 bez ... stoj na tvrdé podložce;
 molitan ... stoj na molitanové podložce.

Komentář k výsledkům H₀₄

Podle post-hoc Fisherova LSD testu jsou statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ pouze pro antero-posteriorní výchylky na ose y při stoji na molitanové podložce. *Hypotézu tedy zamítáme pro hodnoty posturálních výchylek v ose y při stoji na molitanové podložce. Hypotézu nelze zamítnout pro hodnoty latero-laterálních výchylek na ose x a pro hodnoty EQ score.*

Rozdíl ve vlivu otevřených očí a periferního vidění se nejvýrazněji projevil v antero-posteriorních výchylkách při stoji na labilní podložce (viz obr. 17).

4.5 Výsledky k hypotéze H₀₅

Hypotéza H₀₅: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při otevřených očích a centrálním viděním neliší:*

- a) *na tvrdé podložce*
- b) *na molitanové podložce.*

Testováním hypotézy H₀₅ jsme u sledovaných parametrů zjišťovali vliv otevřených očí (OE) a centrálního vidění (CV) na posturální stabilitu při stoji na tvrdé a molitanové podložce. V tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fischerova LSD testu pro testované situace. Obrázek 19 znázorňuje vliv OE a CV na velikost hodnot EQ score.

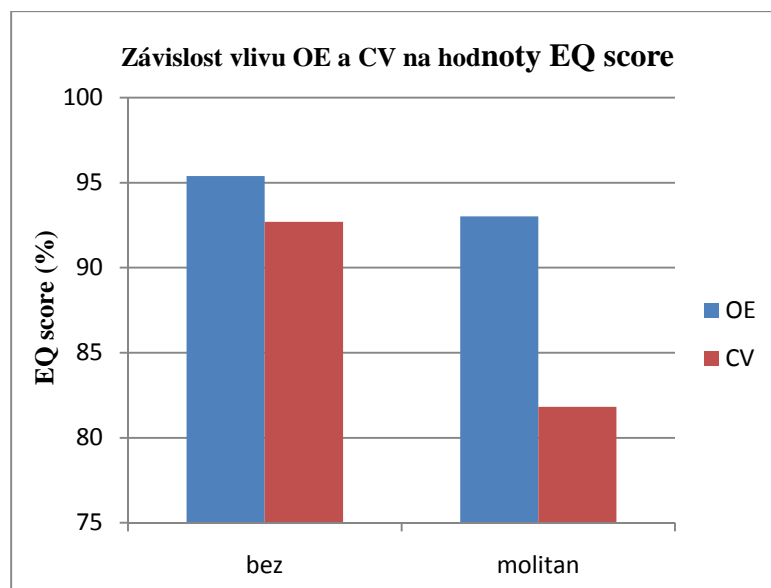
Tabulka 8. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu otevřených očí a centrálního vidění na stabilitu

typ podložky	osa x	osa y	EQ score
tvrdá podložka	0,629	0,428	0,002**
molitan	0,953	0,663	0**

Legenda k tabulce 8:

osa x ... hodnota hladiny statistické významnosti pro latero-laterální výchylky ve směru osy x;
osa y ... hodnota hladiny statistické významnosti pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y;
EQ score ... hodnota hladiny statistické významnosti pro hodnoty EQ score.

Obrázek 19. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a centrálního vidění na hodnoty EQ na tvrdé a molitanové podložce



Legenda k obrázku 19:

OE ... otevřené oči;

CV ... centrální vidění;

bez ... stoj na tvrdé podložce;

molitan ... stoj na molitanové podložce.

Komentář k výsledkům H₀₅

Podle post-hoc Fisherova LSD testu jsou statisticky významné rozdíly na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ pro hodnoty EQ score na tvrdé i molitanové podložce. *Hypotézu tedy zamítáme pro hodnoty EQ score v situaci na molitanové podložce. Hypotézu nelze zamítnout pro hodnoty výchylek v ose x a v ose y.*

I přes statistickou nevýznamnost lze na obrázku 19 rozeznat zřejmý rozdíl ve vlivu testovaných podmínek především při stoji na molitanové podložce.

4.6 Výsledky k hypotéze H₀₆

Hypotéza H₀₆: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při zavřených očích a periferním viděním neliší:*

- a) *na tvrdé podložce*
- b) *na molitanové podložce.*

Testováním hypotézy H_06 jsme u sledovaných parametrů zjišťovali rozdíl ve vlivu zavřených očí (CE) a periferního vidění (PV) na posturální stabilitu při stoji na tvrdé a molitanové podložce. V tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fischerova LSD testu. Obrázek 20 zobrazuje vliv CE a PV na hodnoty EQ score.

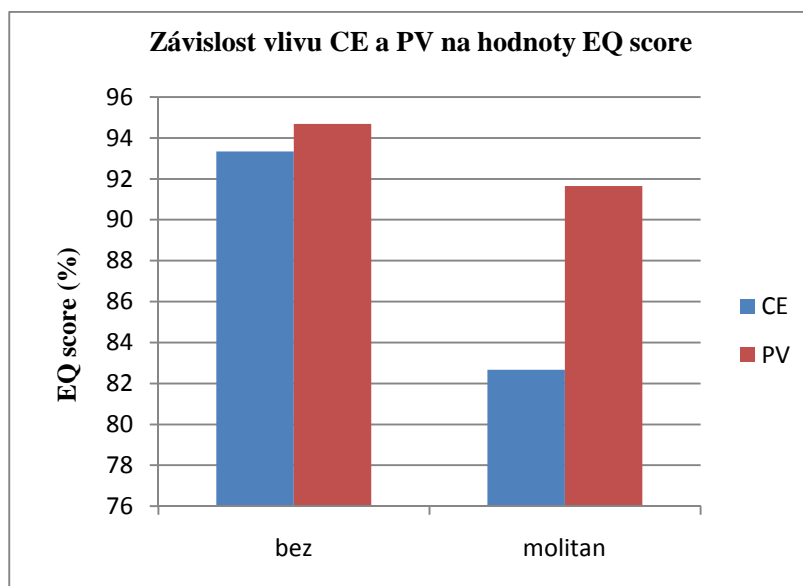
Tabulka 9. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu zavřených očí a periferního vidění na stabilitu

typ podložky	osa x	osa y	EQ score
tvrdá podložka	0,787	0,634	0,119
molitan	0,548	0,630	0*

Legenda k tabulce 9:

osa x ... hodnota hladiny statistické významnosti pro latero-laterální výchylky ve směru osy x;
 osa y ... hodnota hladiny statistické významnosti pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y;
 EQ score ... hodnota hladiny statistické významnosti pro hodnoty EQ score.

Obrázek 20. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a periferního vidění na hodnoty EQ score při stoji na tvrdé a molitanové podložce



Legenda k obrázku 20:

CE ... zavřené oči;
 PV ... periferní vidění;
 bez ... stoj na tvrdé podložce;
 molitan ... stoj na molitanové podložce.

Komentář k výsledkům H₀₆

Podle post-hoc Fisherova LSD testu jsou statisticky významné rozdíly pro testované zrakové podmínky na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ pro hodnoty EQ score na molitanové podložce. *Hypotézu tedy zamítáme pro hodnoty EQ score v situaci stoje na molitanové podložce. Hypotézu nelze zamítnout pro hodnoty výchylek v ose x a v ose y pro oba typy podložky a pro hodnoty EQ score v situaci na tvrdé podložce.*

Z obrázku 20 je zřejmé, že pro parametr EQ score byl rozdíl testovaných zrakových podmínek zvýrazněn při stoji na molitanové podložce.

4.7 Výsledky k hypotéze H₀₇

Hypotéza H₀₇: *Parametry určující stabilitu bipedálního stoje zdravých jedinců se při zavřených očích a centrálním viděním neliší:*

- a) *na tvrdé podložce*
- b) *na molitanové podložce.*

Testováním hypotézy H₀₇ jsme u sledovaných parametrů zjišťovali vliv zavřených očí (CE) a centrálního vidění (CV) na posturální stabilitu při stoji na tvrdé a molitanové podložce. V tabulce 10 jsou uvedeny hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fischerova LSD testu. Obrázek 21 znázorňuje vliv CE a CV na velikosti hodnot EQ score.

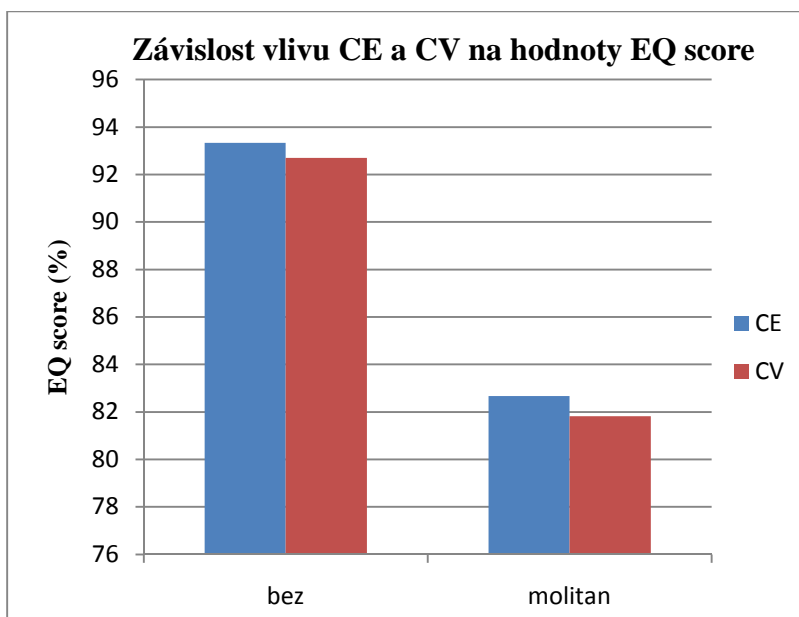
Tabulka 10. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu zavřených očí a centrálního vidění na stabilitu

typ podložky	osa x	osa y	EQ score
tvrdá podložka	0,724	0,717	0,465
molitan	0,564	0,263	0,326

Legenda k tabulce 10:

osa x ... hodnota hladiny statistické významnosti pro latero-laterální výchylky ve směru osy x;
osa y ... hodnota hladiny statistické významnosti pro antero-posteriorní výchylky ve směru osy y;
EQ score ... hodnota hladiny statistické významnosti pro hodnoty EQ score.

Obrázek 21. Grafické zobrazení vlivu centrálního vidění a zavřených očí na hodnoty EQ score



Legenda k obrázku 21:

CE ... zavřené oči;

CV ... centrální vidění;

bez ... stoj na tvrdé podložce;

molitan ... stoj na molitanové podložce.

Komentář k výsledkům H₀₇

Podle post-hoc Fisherova LSD testu nejsou statisticky významné rozdíly pro testované zrakové podmínky na hladině statistické významnosti $p < 0,05$ pro žádný z měřených parametrů. *Hypotézu tedy nelze zamítnout.*

Z obrázku 21 je patrné, že při stoji na molitanové podložce došlo ke snížení stability. Rozdíl mezi testovanými zrakovými podmínkami však není statisticky významný.

5 DISKUZE

Cílem této kapitoly je diskutovat o získaných výsledcích, kriticky zhodnotit metodologii a konfrontovat data s dosavadními studiemi, které se týkají dané problematiky.

Hlavním předpokladem práce bylo ozřejmit a objektivizovat funkci zraku v posturální kontrole za fyziologických podmínek, ať už jako komplexně působící senzorickou složku, nebo vliv určité funkční části zrakového systému. Proto byli do testovaného souboru probandů zařazeni pouze zdraví jedinci bez klinického nálezu, který by mohl ovlivnit výsledky v důsledku přidružené diagnózy.

Současné studie zabývající se vlivem zraku na posturální stabilitu jsou často založeny na principech virtuální reality a náročných počítačových technologiích. Umožňují zkoumání reakcí testovaných jedinců v podmínkách simulovaného běžného prostředí člověka, nebo naopak dokážou vytvořit podmínky pro jedince zcela nezvyklé. Technické vybavení kineziologické laboratoře nám umožnilo využít posturografické vyšetření, kde jsme testovali klidný vzpřímený stoj. Řešili jsme tedy otázku statické stability, kdy nedochází ke změně polohy těžiště těla vlivem externího silového podnětu. Klidný bipedální stoj však v denních činnostech není příliš častý. Každodenní činnosti jsou obvykle spojeny s fázickou aktivitou horních a dolních končetin. Na centrální nervovou soustavu jsou proto v rámci posturální kontroly kladeny nároky ve smyslu anticipačních a reaktivních mechanismů, kdy organismus musí okamžitě a adekvátně reagovat na změny okolního i vnitřního prostředí. To vyžaduje vyváženou spolupráci všech senzorických systémů a bezchybnou funkci ve všech etážích řídicího nervového systému s návazností na výkonný – pohybový systém. Pro zdravého jedince je toto složité řízení naprosto vlastní, automatické a mimovolně ovládané, vyšší náročnost však může vnímat při méně obvyklých činnostech, či za nestandardních podmínkách. Naopak zaznamenáváme nedostatečnou posturální kontrolu a s tím související posturální reaktibilitu u dětí s nevyzrálým centrálním řízením motoriky, či starších jedinců, které postihují věkově vázané degenerativní změny CNS. Podobný problém posturální nestability je typický také pro pacienty s poškozením řídicího, ale i výkonného systému.

Podle posturografických záznamů je zřejmé, že probandi při vyšetření využívali kotníkovou strategii, která je, ve srovnání s kyčelní a krokovou strategií, využívána v nejméně náročných balančních situacích. Můžeme tedy předpokládat relativně nízkou náročnost klidného vzpřímeného stoje na mechanismy posturální kontroly. Také toto mohl být důvod, proč byly testované zrakové podmínky v rámci posturální kontroly snadno kompenzovány, a velikost posturálních výchylek nevykazovala vysoké hodnoty. Výsledné hodnoty zaznamenaly zřetelnější rozdíly ve vlivu testovaných podmínek při stoji na labilní podložce.

V řadě studií je popsán destabilizující vliv měkké podložky na klidný stoj (Patel et al., 2008; Nougier, 1997; 1998). Mechanoreceptory plosky nohy zprostředkovávají informace o ploše kontaktu a informují tak o minimálních změnách způsobených přenosem těžiště. Prostřednictvím labilní podložky dochází k alteraci somatosenzorické informace a k zvýšení nároků na kvalitu řízení. Proto jsme u probandů předpokládali větší závislost na zrakové informaci, s tím související výraznější vliv testovaných zrakových podmínek na velikost posturálních výchylek a také větší senzitivitu daných testů.

Při stoji na molitanovém povrchu je důležitý poměr tělesné hmotnosti a hustoty materiálu, na kterém proband stojí (Patel et al., 2008). Pro měření jsme měli k dispozici podložku od firmy Neurocom® dodávanou k modulu Smart EquiTest System. Tělesná hmotnost probandů se však lišila (64 ± 10 kg). Z těchto rozdílů usuzujeme, že jedinci s vyšší tělesnou hmotností více stlačili podložku, v důsledku čehož podložka nemusela vytvářet dostatečně labilní situaci. Tyto odlišnosti mohou mít rozdílný vliv na posturální náročnost testovaných podmínek a získané výsledné hodnoty u jednotlivých probandů. K podobnému závěru došla ve své práci také Míková (2006), která upozorňuje, že v případě použití příliš měkké a nízké podložky nemusí být tato situace dostatečným podnětem pro balanční mechanismy.

Velice diskutabilní je posouzení stability prostřednictvím velikosti posturálních výchylek. Pokud proband vychyluje své těžiště ve větší míře, jsou důležité kontrolní mechanismy, které zajistí stoj bez nutnosti využití kyčelní nebo krokové strategie. Naopak u jedinců, jejichž výchylky zaznamenávají nižší hodnoty, nemůžeme s jistotou předpokládat optimální posturální stabilitu. Jestliže například nějaký vnější faktor způsobí v rámci klidného stoje větší posturální výchylky, nemusí kompenzační posturální mechanismy daného jedince zajistit dostatečnou stabilitu a dojde k úkroku.

U jedince se většími posturálními výchylkami nemusí k této situaci dojít, protože v rámci posturální kontroly udrží stoj bez nutnosti změny opěrné báze.

Nedostatečně prokazatelné rozdíly ve vlivu testovaných zrakových podmínek na velikost posturálních výchylek můžeme odůvodnit pokynem, kterým jsme instruovali probanda před samotným měřením. Míková (2006) ve své práci zdůrazňuje význam povelu, který může velikost výchylek ovlivnit. Jestliže zdůrazníme, aby testovaná osoba stála „co nejstabilněji“, s minimálními výchylkami, dojde k zapojení volní kontroly nad bipedálním stojem a bezesporu ovlivnění titubací. Cílené omezování posturálních výchylek může být způsobeno i charakteristikou testované skupiny. V souboru probandů byli pouze studenti oboru Fyzioterapie, kteří mají teoretické znalosti o významu a podstatě posturografického vyšetření. Můžeme tedy předpokládat, že se cíleně snažili udržet klidný stoj bez návaznosti na instrukci, která jim byla sdělena.

V důsledku malého počtu statisticky významných rozdílů mezi testovanými podmínkami je otázkou, do jaké míry by byly rozdíly v jednotlivých zrakových podmínkách prokazatelné pomocí povrchové elektromyografie. Můžeme předpokládat, že bilaterálním snímáním aktivity například přední a zadní skupiny svalů bérce a laterálních stabilizátorů kyčle bychom mohli zaznamenat asymetrickou svalovou aktivitu v rámci provokovaných směrových titubací, což by mohlo zřetelněji objektivizovat vliv testovaných zrakových podmínek na výchylky v ose x a v ose y.

5. 1 Diskuze k hypotéze H₀1

Podle našich výsledků byl statisticky významný rozdíl ve vlivu otevřených a zavřených očí prokázán pouze u procentuálního vyjádření stability – hodnot EQ score, přičemž zřetelnější rozdíl se projevil při stoji na molitanové podložce.

Význam zraku v posturální kontrole byl nesčetněkrát diskutován v řadě studií. Autoři se na základě svých výsledků shodují, že zavřené oči, tzn. absence zrakové informace, má výrazný destabilizační efekt (Smetanin, 2004; Nougier, 1998; 1997; Paulus et al., 1984, aj.). Zdraví jedinci jsou však schopni tento efekt kompenzovat (Véle, 1997). Otázkou zůstává, jaká je hranice mezi stabilním a nestabilním stojem. Posturografická a stabilografická vyšetření poskytují kvantifikaci a objektivizaci změn posturálních výchylek, avšak přesnou hranici stabilita-nestabilita neznáme. Posturograf

firmy Neurocom® koreluje výsledky probanda s výsledky jedinců zdravé populace stejné věkové kategorie. Každý jedinec má však zcela individuální nastavení řídicích a kompenzačních mechanismů a využívá odlišné strategie pro zajištění stability.

Vyřazením zrakové kontroly dochází k větší reliabilitě v somatosenzorický systém a vestibulární aparát. Úkolem CNS je zajistit stabilní posturální nastavení i během ztížených podmínek. Situace stoje na měkké podložce se zavřenýma očima prakticky simuluje absenci dvou sensorických systému, tudíž předpokládáme vysokou náročnost na posturální kontrolu, která se projevila nízkými hodnotami EQ score.

Fox (1990) prokázal, že stoj za plné zrakové kontroly v tmavé místnosti se projeví lepší stabilitou než situace se zavřenýma očima. Obě vyšetřované situace sice nezprostředkovávají zrakovou informaci, avšak u první podmínky jsou prokázány menší posturální výchyly. Lze tedy odvodit, že při otevřených očích je stabilita ovlivněna provokovanou aktivitou extraokulárních svalů – jejich napětím a propioceptivní informací, spíše než zrakovou informací a prostorovým viděním. Tuto teorii potvrzují ve své studii také Jahn et al. (2002). Absence sledovacích pohybů při zavřených očích neposkytuje dostatečnou aferentní propioceptivní informaci, která zřejmě přispívá k funkčně dokonalejší kvalitě řízení posturálních výchylek těla.

5. 2 Diskuze k hypotéze H₀₂

Na základě anatomicko-fyziologických vlastností sítnice se předpokládá rozdílný vliv jejich funkčně odlišných částí na stabilitu jedince. Různé názory na význam jednotlivých zrakových složek potvrzuje také existence více teorií o vlivu zrakových podmínek na stabilitu. Studie zabývající se působením centrálního a periferního vidění na posturální stabilitu jsou však značně nejednotné. Odlišná je nejen metodika měření, ale i výsledky a závěry se značně rozcházejí. Hlavní metodické rozdíly jsou jak v testování za statických (Isotalo et al., 2004; Nougier, 1997; Paulus et al., 1984), tak i dynamických podmínek (Habak et al., 2002; Turano et al., 2005).

Dostupná literatura poskytuje nejednotnou definici velikosti centrální části zorného pole. Podle Paulus et al. (1984) zaujímá centrální část zorného pole 20 až 30 stupňů, 2 až 4 stupně (Osaka in Berencsi et al., 2005), 7 stupňů (Daniel & Whitteridge in Berencsi et al., 2005), či 10 stupňů (Nougier, 1997). K tomu je také nutné si

uvědomit, že celkové zorné pole může být zcela individuálně omezováno anatomickým tvarem obličeje.

V metodické části jsme uvedli výpočet, pomocí kterého jsme zajistili lokalizaci obrazu do místa nejostřejšího vidění. Vzdálenost očí od stěny posturografické kabiny jsme pro vytvoření výpočtu zkušebně změřili na pěti probandech. Přitom jsme si vědomi, že vzhledem k neustálému pohybu COG dochází také logicky ke změnám vzdálenosti hlavy od stěny kabiny. Uvedeným pohybem tak nemuselo docházet k oslovení čistě centrální, ale bezesporu i více periferní části zorného pole. Tento fakt mohl být o to více vyjádřen v případě, že jsme v testovaných situacích redukovali část zorného pole a s tím související schopnost zraku podílet se na zajištění posturální stability sledováním obrazu.

Podle našich výsledků existuje rozdíl ve vlivu centrálního a periferního vidění na hodnoty EQ score jak na tvrdé, tak molitanové podložce. Vyšší stabilitu v obou případech vykazuje vliv periferního vidění, přičemž na měkké podložce je rozdíl zřetelnější. Tyto výsledky jsou shodné se závěry studie Streepey et al. (2007); Asakawa et al. (2007); Berensci et al. (2005); Nougier et al. (1998; 1997); Paulus et al. (1984).

Pro zajištění centrálního vidění jsme použili papírový kornout, který omezoval periferní zorné pole. Snížení stability však může souviset s omezením světelných podmínek a snížením zrakové ostrosti, které vytvořil papír kornoutu. Vliv snížené ostrosti a osvětlení na velikost posturálních výchylek potvrzuje studie Asakawa (2007); Harwood (2001); Brandt (1988); podle Paulus et al. (1984) vzrůstá stabilita v antero-posteriorním a latero-laterálním směru lineárně s rostoucí zrakovou ostroší. Její význam je v klinické praxi potvrzen například u pacientů s afakií⁴, u nichž je popsán destabilizační efekt z důvodu snížené zrakové ostrosti. U seniorů je stejný jev způsoben věkově vázanými degenerativními změnami (Kapoula, Lé, 2006).

Předpokládáme, že při omezení světelných podmínek dochází k odlišné aktivitě světločivých buněk sítnice. Použitím kornoutu pro zajištění centrálního vidění je obraz pozorovaného prostředí zacílen na centrální jamku s největší hustotou čípků pro barevné vidění. Nedostatečnou světelností způsobenou kornoutem však vznikají vyšší

⁴ Afakie je nepřítomnost čočky v oku. Čočka je odstraňována v rámci léčby šedého zákalu (katarakty). Po jejím vyjmutí ztrácí lomivý aparát oka část své optické mohutnosti a schopnost akomodace. Afakie je korigována spojnými čočkami (Králíček, 2002).

nároky na aktivitu tyčinek pro černobílé vidění, jejichž lokalizace s maximální hustotou je mimo foveu. Paradoxně tak dochází ke konfrontaci vyžadované a vykonávané aktivity fotoreceptorů sítnice. Otázkou tedy zůstává, zda může být tato konfliktní situace zdrojem zvýšení velikostí posturálních výchylek.

V řadě studií (Nougier, 1997; 1998; Paulus et al., 1984; aj.) je popsána směrová specifická posturálních výchylek ve vztahu k typu testované zrakové podmínky. Centrální zrak má větší význam pro stabilizaci v latero-laterálním směru a nestabilita se zřetelněji projeví v antero-posteriorním směru. Ačkoliv není v naměřených datech statisticky významný rozdíl, směr výchylek se shoduje s dosavadními studiemi, přičemž rozdíl je zřetelnější při stožení na molitanové podložce.

5.3 Diskuze k hypotéze H₀₃

Cílem testování hypotézy bylo prokázat závislost posturálního chování na pozorování dominantním a nedominantním okem. Dosavadní poznatky o zrakové dominanci jsou kontroverzní. Na jednu stranu je preference jednoho oka prokazatelná na magnetické rezonanci (Rombouts et al. in Ehrenstein, 2005), na druhou stranu nás běžné denní činnosti nutí upřednostňovat i oko nedominantní (Khan & Crawford, 2001). Aktuální preference oka závisí na konkrétní situaci. Je známo, že při uchopování předmětu je zvýhodněná funkce toho oka, které je blíže danému předmětu (Khan & Crawford, 2001).

Ačkoliv je zřejmé, že dominance oka nemusí být pevně dána, naše testování zrakové dominance vždy shodně potvrdilo všemi testy stejné dominantní oko. Berner & Berner in Handa et al. (2004) zdůrazňují, že senzoricke zrakovou dominanci lze ovlivnit na základě plasticity a adaptability mozkové tkáně opakovanou stimulací jednoho oka. Můžeme tedy předpokládat, že funkční schopnosti obou očí jsou vyrovnané a vliv pozorování dominantním a nedominantním okem nemusí vykazovat odlišný vliv na posturální stabilitu. Isotalo et al. (2004) uvádí, že monokulární vidění s ohledem na dominanci významně neovlivňuje posturální výchylky ve srovnání s binokulárním viděním, což také popírá větší vliv jednoho oka na stabilitu.

Ypsilanti et al. (2009) studovali vliv dominantní horní končetiny a dominantního oka na rychlost a preciznost cíleného úchopu vzdáleného předmětu. Jejich výsledky neprokázaly zásadní rozdíl ve vlivu dominantního a nedominantního

oka. Zraková dominance nemá podle závěrů jejich studie vliv na „motorický výstup“ v průběhu cíleného pohybu. Naopak velký význam byl prokázán ve vlivu dominantní horní končetiny, kdy autoři zaznamenali lepší stabilitu při cíleném pohybu dominantní končetinou.

Z pohledu významu zrakové ostrosti v posturální kontrole lze naopak předpokládat rozdílný vliv dominantního a nedominantního oka. Protože jak je známo, snížená ostrost způsobuje větší posturální nestabilitu (Asakawa, 2007; Harwood, 2001; Brandt, 1988; Paulus et al., 1984). U dominantního a nedominantního oka je tato funkce odlišná, což předpokládá také odlišný vliv v posturální stabilitě.

V naší studii ovšem nebyl prokázán rozdíl ve vlivu dominantního a nedominantního oka na stabilitu ani při stožení na labilní podložce. Taktéž omezení pouze na centrální nebo periferní část zorného pole dominantního a nedominantního oka také nevykazovalo rozdíl na hladině statistické významnosti. Předpokládáme tedy kompenzační a adaptabilní schopnost CNS využívat obě oči bez ohledu na dominanci. Kompenzaci lze také uvažovat s ohledem na charakteristiku testovaného souboru, tj. jedinců bez neurologického deficitu či jiných faktorů, které by mohly negativně ovlivnit posturální kontrolu.

5. 4 Diskuze k hypotéze H₀₄

Testováním této hypotézy jsme chtěli posoudit vliv samotného periferního vidění v porovnání se situací s plnou zrakovou kontrolou. Podle výsledků dosavadních studií (Nougier, 1998; 1997; Stoffregen, 1985; Asakawa, 2007) jsme logicky předpokládali větší význam otevřených očí než samotného periferního vidění pro stabilitu. Přesto rozdíl v získaných datech nebyl statisticky významný. Grafické zobrazení vlivu otevřených očí a periferního vidění na hodnoty EQ score znázorňuje snížení stability při využití pouze periferního vidění. Při stožení na měkké podložce se tento rozdíl zvýraznil, což jen potvrzuje její výše zmíněný destabilizační efekt.

Dosavadní studie se opět odlišují v metodickém postupu. Většina z nich se snažila alterovat nebo stimulovat periferní vidění. Naše měření bylo postaveno na omezení centrálního pole. Zajištění periferního vidění jsme simulovali vytvořením centrálního skotomu. Proband tak neměl možnost cíleně fixovat bod jako v případě centrálního vidění, či otevřených očích. Jeho úkolem však bylo neuhýbat očima do

stran a směřovat pohled do dálky. Musíme však zdůraznit, že bylo čistě v kompetenci probanda, zda bude tyto požadavky akceptovat. Pokud jeho oči nebyly namířeny požadovaným směrem, můžeme předpokládat ovlivnění výsledků a nedostatečný projev testované situace ve velikosti posturálních výchylek.

Minimální rozdíl v procentuálním vyjádření stability si můžeme vysvětlit také díky tonické aktivitě extraokulárních svalů, která je při otevřených očích zcela zachována a podílí se na posturální kontrole.

Jediný statisticky významný rozdíl byl prokázán na ose y, při stožení na molitanové podložce, kdy stoj s otevřenými očima vykazoval větší výchylky, ve srovnání s periferním viděním. Řada autorů (Nougier, 1997; 1998; Paulus et al., 1984; aj.) se shoduje na faktu, že periferní vidění má větší stabilizační význam v antero-posteriorním směru (na ose y), což může způsobovat rozdíl ve velikosti výchylek při testování situace s otevřenými očima a situace omezené pouze na periferní vidění.

5. 5 Diskuze k hypotéze H₀₅

Testováním hypotézy H₀₅ jsme zjišťovali rozdíl ve vlivu otevřených očí a centrálního vidění na stabilitu. Na základě testování hypotézy H₀₃ lze předpokládat, jednoznačný význam otevřených očí v porovnání s centrálním viděním. Tento předpoklad je na základě našich výsledků prokázán.

Otevřené oči poskytují plnohodnotnou zrakovou informaci v takových kvalitách, které nabízelo prostředí vyšetřovací místnosti a kabiny posturografu. Přestože papírový kornout zajistil lokalizaci obrazu do foveální části sítnice, která představuje místo nejostřejšího vidění, neposkytuje 10 stupňů zorného pole podmínky srovnatelné se situací s otevřenými očima. Taktéž již výše zmíněná zraková ostrost a světelnost byla při použití kornoutu snižena, což můžeme považovat za důvod snížené stability probandů.

5. 6 Diskuze k hypotézám H₀₆, H₀₇

Cílem testování těchto hypotéz bylo srovnat vliv centrálního a periferního vidění se situací se zavřenými očima. Centrální a periferní vidění poskytovalo alespoň

částečný vznik obrazu na sítnici, předpokládali jsme tedy, větší význam těchto podmínek pro posturální stabilitu, než test se zavřenými očima.

V rámci hypotézy H_06 jsme testovali rozdíl ve vlivu zavřených očí a periferního vidění na stabilitu při bipedálním stoji. Statisticky významný rozdíl testovaných podmínek byl prokázán pouze při stoji na labilní podložce, která zajistila alteraci somatosenzorického systému. V této souvislosti dochází, mimo jiné, k větší reliabilitě ve zrakovou informaci, což zřejmě zajišťuje vzrůst posturálních výchylek při zavřených očích, kdy zraková informace zcela chybí.

V hypotéze H_07 srovnáváme situaci se zavřenými očima a centrálním zrakem. Naměřené hodnoty neposkytly ani v jednom ze sledovaných parametrů statisticky významný rozdíl. V této souvislosti je třeba si uvědomit, že ačkoliv představuje centrální jamka místo se schopností zajišťovat nejostřejší obraz, jedná se v rámci zorného pole o jeho velmi malou část. Lze tedy usuzovat, že podle našeho metodického postupu poskytuje samotné centrální vidění vytvořené prostřednictvím kornoutu podmínky blízké situaci se zavřenými očima.

Rougier (2003) prokázal ve své studii nárůst aktivity svalů dolních končetin při stoji se zavřenými očima. Na základě tohoto faktu můžeme odvodit srovnatelný efekt stoje se zavřenými očima a v situaci s kornoutem. V první podmínce je chybějící stabilizační význam zrakové informace nahrazen vzrůstem tonické aktivity svalů dolních končetin, zatímco v druhé situaci je přítomna alespoň částečná zraková informace a aktivita extraokulárních svalů participujících na stabilitě.

Taktéž můžeme zvážit, do jaké míry by byl prokázán rozdíl v situaci s kornoutem za normální světelných podmínek a stojem s otevřenými očima v tmavé místnosti. Zatímco kornout poskytuje alespoň částečnou informaci z centrální části zorného pole, stoj v tmavé místnosti s otevřenými očima prokazuje lepší stabilitu jen díky aktivitě extraokulárních svalů.

ZÁVĚR

Hlavním cílem zkoumání funkce zraku v posturální kontrole je pochopení neurofyziologických mechanismů působení zraku na posturální kontrolu a jejich aplikace do klinické praxe. Dosavadní studie týkající se vlivu zraku jsou v zásadě velmi rozmanité. Setkáváme se zejména s odlišnou metodikou výzkumu či vzorkem probandů. Závěry studií jsou mnohdy postaveny na zcela rozdílných principech. Zrak je všeobecně chápán jako významná, avšak postradatelná složka posturální kontroly. Na podkladě rozdílných studií ovšem nelze zobecnit podstatu jeho významu.

Naše práce se zaměřila na jednotlivé funkční složky zrakového systému – centrální a periferní vidění, vliv dominantního a nedominantního oka v posturální kontrole v případě klidného bipedálního stoje. Na základě znění hypotéz a získaných výsledků můžeme sestavit pořadí významu jednotlivých testovaných zrakových podmínek pro posturální kontrolu. Největší význam v posturální stabilitě představuje plnohodnotná zraková informace poskytnuta při otevřených očích. V rámci testování centrálního a periferního vidění byl prokázán jednoznačný význam periferního vidění. Hodnoty při testování centrálního vidění se blíží výsledkům získaným v situaci se zavřenými očima. Tato podmínka prokázala nejvyšší labilitu při klidném stoji. Testování zrakové dominance neprokázalo signifikantní rozdíl ve vlivu dominantního a nedominantního oka.

Domníváme se, že je třeba zohlednit charakteristiku testovaného souboru probandů. Jednalo se o zdravé jedince, pro které nepředstavuje klidný bipedální stoj vysokou posturální náročnost. Také z tohoto důvodu byl zřejmě vliv testovaných zrakových podmínek snadno kompenzován a nedošlo ke zřetelnějšímu ovlivnění posturální stability.

V rámci dalšího výzkumu zraku v posturální kontrole navrhuje ozřejmit jeho podstatu v náročnějších posturálních situacích nebo v dynamických podmínkách. Tyto okolnosti totiž představují pro posturální systém větší výzvu k zajištění stability. Zejména je nutné objasnit principy zraku u zdravých jedinců a vyvodit tak jeho funkci za fyziologických podmínek. Tyto obecné principy můžeme následně aplikovat do klinické praxe. Pochopení principu zrakové kontroly může přispět zejména

k efektivnější terapii vybraných poruch. Role zraku je také nedocenitelná v rámci vizuálního feedbacku.

REFERENČNÍ SEZNAM

ANONYM. [online] [citace 2010-03-23]. URL: <<http://www.onbalance.com>>.

ANONYM. *EquiTest System, Version 8.0 Data interpretation manual*, 2001.

ASAKAWA, K. et al. Effects of Ocular Dominance and Visual Input on Body Sway.

Japanese Journal of Ophthalmology [online]. 2007, vol. 51, p. 375 – 378. [cit.

2010-02-19]. Dostupné na WWW:

<<http://www.springerlink.com/content/w188505827p10623/>>. ISSN 1613–2246.

BAUMBERGER, B., ISABLEU, B., FLÜCKIGER, M. The visual control of stability

in children and adults: postural readjustments in a group optical flow.

Experimental brain reseavch. September. 2004, vol. 159, no. 1, s. 33 – 46. ISSN

0014-4819.

BERENCSI, A., ISHIHARA, M. a IMANAKA, K. The funcional role of central and

peripheral vision in the control of posture. *Human Movement Science* [online].

2005, vol. 24., p. 689 – 709 [cit. 2010-01-25]. Dostupné na WWW:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16337294>>. ISSN 0167–9457.

BRANDT, T. Sensory function and posture. *Posture and gait: development,*

adaptation and modulation. Amsterdam: Excerpta medica, 1988, s. 127–136.

ISBN 0444810307.

BRONSTEIN, A. M., BRANDT, T., WOOLLACOTT, M. H. *Clinical disorders of*

balance, posture and gait, 2nd ed. London: Edward Arnold, 2004. 350 s. ISBN

0340806575.

CARPENTER, R. H. S. *Neurophysiology*. 3. vyd. London, 1996. 308 s. ISBN 0-340-

60880-3.

FOX, CH. R. Some visual influences on human postural equilibrium: Binocular versus

monocular fixation. *Perception & Psychophysics* [online]. 1990, vol. 47, p. 409 –

422. [cit. 2010–02–10]. Dostupné na WWW:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2349053>>. ISSN 0031-5117.

FORGET, R., LAMARRE, Y. Anticipatory postural adjustment in the absence of

normal peripheral feedback. *Brain Research* [online]. 1990, vol. 508, p. 176 –

179. [cit. 2010–04–10]. Dostupné na WWW:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2337787>>. ISSN 0165-0173.

- GANONG, W. F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Praha: Galén, 2005. 890 s. ISBN 8072623117.
- GUERRAZ, M. BRONSTEIN, A. M. Ocular versus extraocular control of posture and equilibrium. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2008, vol. 38, p. 391 – 398. [cit. 2010-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19026959>>. ISSN 1388-2457.
- HABAK, C., CASANOVA, C., FAUBERT, J. Central and peripheral interactions in the perception of optic flow. *Vision Research* [online]. 2002, vol. 42, p. 2843 – 2852 [cit. 2010-01-21]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12450509>>. ISSN 0042-6989.
- HANDA, T., MUKUNO, K., UOZATO, H. Effects of Dominant and Nondominant Eyes in Binocular Rivalry. *Optometry and Vision Science* [online]. 2001, vol. 81, p. 377 – 382 [cit. 2010-03-21]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15181364>>. ISSN 1538-9235.
- HARWOOD, R. H. Visual problems and falls. *Age and ageing* [online]. 2001, vol. 30, p. 13 – 18. [cit. 2010-12-4]. Dostupné z WWW: <http://ageing.oxfordjournals.org/cgi/reprint/30/suppl_4/13>. ISSN 1468-2834.
- HORAK, FAY B. Clinical assessment of balance disorders. *Gait & Posture* [online]. 1997, vol. 6, p. 76 – 84. [cit. 2010-12-4]. Dostupné z WWW: <<http://www1.elsevier.com/homepage/sab/gait/review.html>>. ISSN 0966-6362.
- 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, vol. 35 [cit. 2010-4-2]. Dostupné z WWW: <http://ageing.oxfordjournals.org/cgi/reprint/35/suppl_2/ii7>. ISSN 1468-2834.
- ISOTALO, E. et al. Monocular versus binocular vision in postural control. *Auris Nasus Larynx* [online]. 2004, vol. 31, p. 11 – 17. [cit. 2010-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/anl/article/S0385-8146%2803%2900155-X/abstract>>. ISSN 0385-8146.
- JAHN, K., STRUPP, M., KRAFCZYK, S., SCHÜLER, GLASAUER, S., BRANDT, T. Suppression of eye movements improves balance. *Brain* [online]. 2002, vol. 125, no. 9 [cit. 2010-20-2], s. 2005 – 2011. Dostupné z WWW: <<http://brain.oxfordjournals.org/cgi/content/full/125/9/2005>>. ISSN 1460-2156.

- JEŘÁBEK, J. *Terapie závratí* [online]. c2005–2008 [cit. 2010–02–16]. Dostupný z WWW: <<http://www.farmakoterapie.cz/cz/Clanek/425>>. ISSN 1801-7509.
- KAWAKITA, T., et al. Body Sway Induced by Depth Linear Vection in Reference to Central and Peripheral Visual Field. *Japanese Journal of Physiology* [online]. 2000, vol. 50, [cit. 2010–02–16], p. 315 – 321. Dostupné na WWW: <http://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphysiol/50/3/50_315/_article>. ISSN 0021-521X.
- KHAN, A. Z., CRAWFORD, J. D. Ocular dominance reverses as a function of horizontal gaze angle. *Vision Research* [online]. 2001, no. 41 [cit. 2010-18-4], p. 1743 – 1748. Dostupné z WWW: <http://www.yorku.ca/jdc/articles/KhanCraw_VR_01.pdf>. ISSN 0042-6989.
- KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2002. 230 s. ISBN 80-246-0350-0.
- LAURENS, J. et al. Visual contribution to postural stability: Interaction between target fixation or tracking and static or dynamic large-field stimulus. *Gait & Posture* [online]. 2010, vol 31, p. 37 – 41. [cit. 2010-03-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362%2809%2900592-X>>. ISSN 1879-2219.
- MASSION, J. Postural control system. *Current Opinion in Neurobiology* [online]. 1994, vol. 4, p. 877 – 887 [cit. 2010-02-06]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7888772>>. ISSN 0959-4388.
- MÍKOVÁ, M. (2006). *Posturografie – význam a uplatnění ve výzkumu a klinické praxi*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- MUMENTHALER, M., MATTLE, H. *Neurologie*. 1. vyd. Hinterbuchner E. Praha: Grada, 2001. 652 s. ISBN 80-7169-545-9.
- NOUGIER, V., et al. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance. *Gait & Posture*. 1997, vol. 5, p. 34 – 41. ISSN 1879-2219.
- NOUGIER, V., et al. Contribution of Central and Peripheral Vision to the Regulation of Stance: Developmental Aspects. *Journal of Experimental Child Psychology* [online]. 1998, vol. 68, p. 202 – 215 [cit. 2010-01-25]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9514769>>. ISSN 0022-0965.

- NOVOTNÝ, M., HAHN, A., BOLELOUCKÝ, Z., VAVERKOVÁ, H. *Závratě: diagnostika a léčba*. 1. vyd. Stuttgart: Aesopus, 1997. 157 s. ISBN 3-7773-1744-6.
- OIE, K. S., KIEMEL, T., JEKA, J. J. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. *Cognitive Brain Research* [online]. 2002, vol. 14, p. 164 – 176 [cit. 2010-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12063140>>. ISSN 0926-6410.
- PATEL, M., FRANSSON, P. A., LUSH, D., GOMEZ, S. The effect of foam surface propertioe on postural stability assessment while standing. *Posture and gait* [online]. 2008, no. 28 [cit. 2010-12-4], p. 649 – 656. Dostupné z WWW: <<http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362%2808%2900119-7/pdf>>. ISSN 0966-6362.
- PATLA, A. E. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture* [online]. 1997, vol. 5, p. 54 – 69. [cit. 2010-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362%2896%2901109-5>>. ISSN 1879-2219.
- PAULUS, W. M., STRAUBE, A., BRANDT, T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain*. 1984, vol. 107, p. 1143 – 1163. ISSN 1460-2156.
- PIPONNIER, J. C., HANSSSENS, J. M., FAUBERT, J. Effect of visual field locus and oscillation frequencies on posture control in the ecological environment. *Journal of Vision* [online]. 2009, vol. 9, No. 13, p. 1 – 10 [cit. 2010-01-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.journalofvision.org/9/1/13/article.aspx>. ISSN 1534-7362>.
- PYYKKÖ, I., HEIKKI, A., HYTÖNEN, M., STARCK, J., PIRKKO, J., RAMSAY, H. Effect of age on postural control. *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Amsterdam: Excerpta medica, 1988, s. 95 – 104. ISBN 0444810307.
- REDFERN, M. S., YARDLEY, L., BRONSTEIN, A. M. Visual influences on balance. *Journal of anxiety disorders* [online]. 2001, vol. 15, p. 81 – 94 [cit. 2010-02-02]. Dostupné z WWW: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11388359> >. ISSN 0887-6185.
- RIACH, C. L., HAYES, K. C. Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology* [online]. 1987, vol. 29, p. 650 –

658. [cit. 2010-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/121513765/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>>. ISSN 0012-1622.
- ROLL, J. P., ROLL, R. From eye to foot: proprioceptive chain involved in postural control. *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Amsterdam: Excerpta medica, 1988, s. 155–164. ISBN 0444810307.
- ROTH, H. L., LORA, A. N., HEILMAN, K. M. Effects of monocular viewing and the eye dominance on spatial attention. *Brain* [online]. 2002, vol. 125, p. 2023 – 2035. [cit. 2010-02-11] Dostupné na WWW: <<http://brain.oxfordjournals.org/cgi/content/full/125/9/2023>>. ISSN 1460-2156.
- ROUGIER, P. The influence of having the eyelids open or closed on undisturbed postural control. *Neuroscience Research* [online]. 2003, vol 47, p. 73 – 83 [cit. 2010-04-01]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12941449>>. ISSN 0168-0102.
- SASAKI, O. ET. AL. Role of visual input in nonlinear postural control system. *Experimental Brain Research* [online]. 2002, vol. 147, p. 1 – 7 [cit. 2010-02-01]. Dostupné na WWW: <<http://www.springerlink.com/content/9ecdgk85fj8gvy05/>>. ISSN 1432-1106.
- SEIJAS, O. ET AL. Ocular Dominance Diagnosis and Its Influence on Monovision. *American Journal of Ophthalmology* [online]. 2007, vol. 144, p. 209 – 216 [cit. 2010-04-01]. Dostupné na WWW: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002939407003364>>. ISSN 002-9394.
- SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. H. *Motor control : theory and practical applications*. 2. vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001. 614 p. ISBN 068330643X.
- SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. H. *Motor control: Translating Research into Clinical Practice*. 3. vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007. 612 p. ISBN 9780781766913.
- SIMONEAU, G. G., ULBRECHT, J. S., DERR, J. A., CAVANAGH, P. R. Role of somatosensory input in the control of human posture. *Posture and gait*. 1995, no. 3, s. 115 – 122. ISSN 0966-6362.

- SMETANIN, B. N., POPOV, K. E., KOHZINA G. V. Specific and nonspecific visual influences on the stability of vertical posture in humans. *Neurophysiology* [online]. 2004, vol. 36, No. 1., p. 58 – 64 [cit. 2010-12-2]. Dostupné z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/n147h2754jl37861/fulltext.pdf>>. ISSN 0090-2977.
- STOFFREGEN, T. A. Flow Structure Versus Retinal Location in the Optical Control of Stance. *Journal of Experimental Psychology* [online]. 1985, vol. 11, No. 5, [cit. 2010-02-23]. Dostupné na WWW: <<http://www.apa.org/pubs/journals/xge/index.aspx>>. ISSN 0096-3445.
- SYKA, J., VOLDŘICH, L., VRABEC, F. *Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1981. 324 s. ISBN 08-010-81.
- TROJAN, S., et al. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada, 2003. 771 s. ISBN 8024705125.
- TROJAN, S., POKORNÝ, J. Teoretický a klinický význam neuroplasticity. *Bratislavské a lekárske listy* [online]. 1997, č. 97, s. 667 – 673. [cit. 2010-01-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.bmj.sk/VL098-12.HTM>>. ISSN 1336-0345.
- TURANO, K. A. et al. Optic-flow and egocentric-direction strategies in walking: Central vs peripheral visual field. *Vision Research* [online]. 2005, no. 45, p. 3117 – 3132. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16084556>>. ISSN 0042-6989.
- VAŘEKA, I. Posturální stabilita (I. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2002a, roč. 9, č. 4, s. 115–121. ISSN 1211-2658.
- VAŘEKA, I. Posturální stabilita (II. část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2002b, roč. 9, č. 4, s. 122–129. ISSN 1211-2658.
- VAŘEKA, I., DVOŘÁK, R. Ontogeneze lidské motoriky jako schopnosti řídit polohu těžiště. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1999, roč. 6, č. 3, s. 84 – 85. ISSN 1211-2658.
- VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 1997. 271 s. ISBN 80-7169-256-5.
- WADE, G. J., JONES, G. The Role of Vision and Spatial Orientation in the Maintenance of Posture. *Physical Therapy* [online]. 1997, vol. 77, no. 6, p. 619 –

628 [cit. 2010-01-21]. Dostupné na WWW:
<<http://ptjournal.highwire.org/cgi/reprint/77/6/619>>. ISSN 1083-3196.

WOLSLEY, C. J. et al. The Effect of Eye/Head Deviation and Visual Conflict on Visually Evoked Postural Responses. *Brain Research Bulletin* [online]. 1996, vol. 40, no. 5/6, p. 437 – 442 [cit. 2010-20-2]. Dostupné na WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8886371>>. ISSN 0361-9230.

WOOLLACOTT, M. H., SHUMWAY-COOK, A. Changes in Posture Control Across the Life Span – A System Approach. *Physical Therapy* [online]. 1990, vol. 70, no. 12, p. 799 – 807. [cit. 2010-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://ptjournal.apta.org/cgi/reprint/70/12/799>>. ISSN 1083-3196.

YPSILANTI, A., HATZITAKI, V., GROUIOS, G. Lateralized effects of hand and eye on anticipatory postural adjustments in visually guided aiming movements. *Neuroscience Letters* [online]. 2009, no. 462 [cit. 2010-18-4], p. 121 – 124. Dostupné z WWW: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19545614>>. ISSN 0304-3940.

SEZNAM ZKRATEK

BOS	base of support
CE	close eye
CNS	centrální nervová soustava
COG	center of gravity
COP	center of pressure
CV	centrální vidění
D	dominantní oko
D_CV	centrální vidění dominantního oka
D_PV	periferní vidění dominantního oka
FOV	field of view
L_CV	centrální vidění levého oka
L_PV	periferní vidění levého oka
N	nedominantní oko
N_CV	centrální vidění nedominantního oka
N_PV	periferní vidění nedominantního oka
OE	open eyes
P_CV	centrální vidění pravého oka
P_PV	periferní vidění pravého oka
PV	periferní vidění

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Schematické znázornění jednotlivých komponent participujících na posturální kontrole (převzato a upraveno dle Shumway–Cook & Woollacott, 2007).....	9
Obrázek 2. Závislost pohybů COP na poškození sensorických systémů u zdravého jedince (Simoneau et al., 1995).....	15
Obrázek 3. Hustota tyčinek a čípků podél vodorovného poledníku lidské sítnice (Ganong, 2005).....	19
Obrázek 4. Schéma Sheringtonovy a Helmholtzovy teorie (Carpenter, 1996).....	21
Obrázek 5. Trajektorie COP při mechanické vibraci daných svalů (Roll & Roll, 1988).....	22
Obrázek 6. Směr posturálních výchylek ve vztahu k pohybujícímu se prostředí (Bronstein et al., 2004).....	25
Obrázek 7. 3D znázornění linií optic flow při pohybu pozorovatele prostředím (Wade & Jones, 1997).....	26
Obrázek 8. Způsob projekce optic flow na sítnici oka ve virtuálním 3D tunelu (Piponnier et al., 2009).....	27
Obrázek 9. Směr retinálního pohybu jednotlivých složek prostředí při fixovaném cíli (Guerraz & Bronstein, 2008).....	29
Obrázek 10. Schematické znázornění výpočtu pro standardizaci centrálního vidění.	37
Obrázek 11. Grafické znázornění vlivu jednotlivých zrakových testů na velikost posturálních výchylek na ose x	40
Obrázek 12. Grafické znázornění vlivu jednotlivých zrakových testů na velikost posturálních výchylek na ose y	41
Obrázek 13. Grafické znázornění vlivu jednotlivých zrakových testů na velikost hodnot EQ score	41
Obrázek 14. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a zavřených očí na hodnoty EQ score při stožení na tvrdé a molitanové podložce	42

Obrázek 15. Grafické zobrazení vlivu centrálního a periferního vidění na velikost posturálních výchylek na ose x a ose y při stoji na tvrdé a molitanové podložce	44
Obrázek 16. Grafické znázornění vlivu centrálního a periferního vidění na hodnoty EQ score na tvrdé a molitanové podložce	44
Obrázek 17. Grafické znázornění vlivu otevřených a zavřených očí na velikost posturálních výchylek na ose x a ose y při stoji na tvrdé a molitanové podložce	48
Obrázek 18. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a periferního vidění na hodnoty EQ score	48
Obrázek 19. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a centrálního vidění na hodnoty EQ na tvrdé a molitanové podložce	50
Obrázek 20. Grafické znázornění vlivu otevřených očí a periferního vidění na hodnoty EQ score při stoji na tvrdé a molitanové podložce.....	51
Obrázek 21. Grafické zobrazení vlivu centrálního vidění a zavřených očí na hodnoty EQ score	53

SEZNAM TABULEK

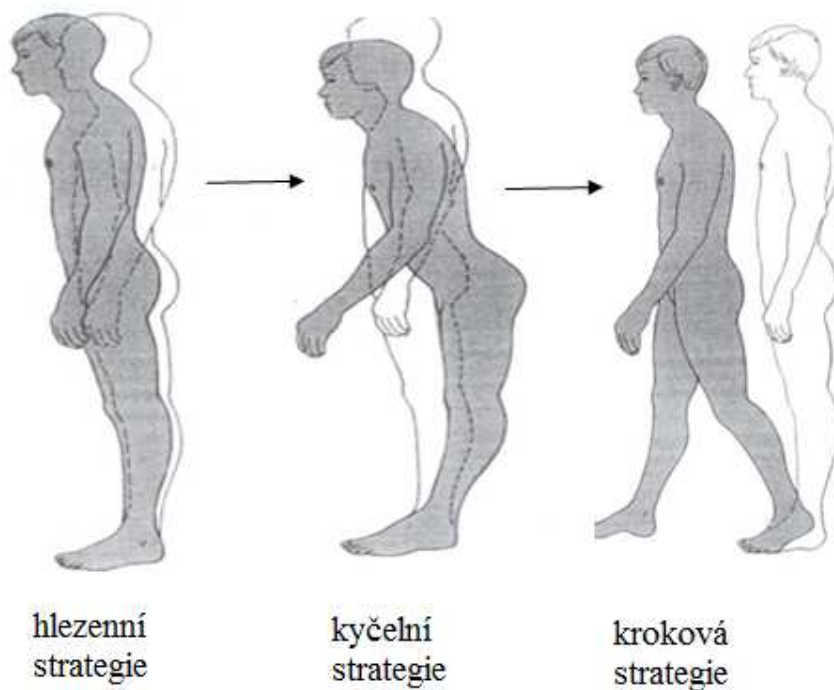
Tabulka 1. Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu pro porovnání výchylek v ose x, y a hodnoty EQ score k hypotézám H_01 , H_02 , H_04 až H_07	39
Tabulka 2. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro testování vlivu otevřených a zavřených očí.....	42
Tabulka 3. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu centrálního a periferního vidění.....	43
Tabulka 4. Hodnoty hladiny statistické významnosti a testovacího kritéria podle párového Studentova t-testu pro pozorování dominantním a nedominantním okem	46
Tabulka 5. Hodnoty hladiny statistické významnosti a testovacího kritéria podle párového Studentova t-testu pro vliv centrálního vidění dominantním a nedominantním okem	46
Tabulka 6. Hodnoty hladiny statistické významnosti a testovacího kritéria podle párového Studentova t-testu pro vliv periferního vidění dominantním a nedominantním okem	46
Tabulka 7. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu otevřených očí a periferního vidění na stabilitu	47
Tabulka 8. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu otevřených očí a centrálního vidění na stabilitu	49
Tabulka 9. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu zavřených očí a periferního vidění na stabilitu.....	51
Tabulka 10. Hodnoty hladiny statistické významnosti podle post-hoc Fisherova LSD testu pro hodnocení vlivu zavřených očí a centrálního vidění na stabilitu.....	52

SEZNAM PŘÍLOH

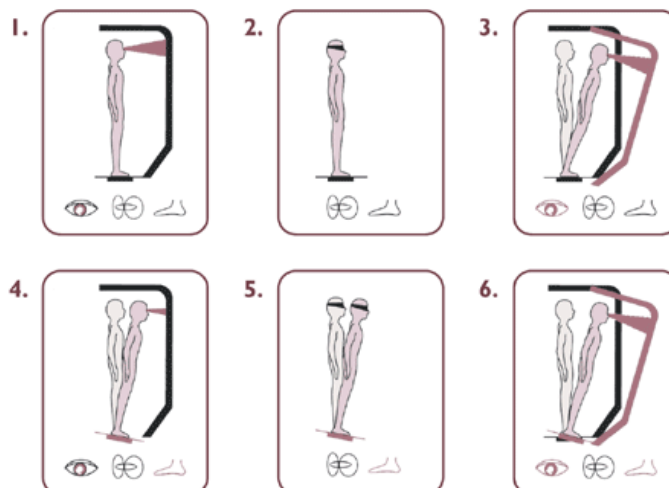
Příloha 1. Pohybové strategie k udržení posturální stability (Shumway-Cook & Woollacott, 2001)	77
Příloha 2. Senzory organization test (http://resourcesonbalance.com/images/SOTIllustration.gif)	77
Příloha 3. Orientace polokruhovitých kanálek (Novotný et al., 1997).....	78
Příloha 4. Poučení a souhlas probanda	79
Příloha 5. Vstupní anketa.....	80
Příloha 6. Hole in the card test (anonym)	82
Příloha 8. Standardizace periferního vidění.....	83
Příloha 7. Standardizace centrálního vidění	83
Příloha 9. Standardizace měření při monokulárním vidění (pozorování pravým a levým okem).....	84
Příloha 10. Příklad výsledného reportu	84
Příloha 11. Základní anamnestické údaje	85
Příloha 12. Popisná statistika pro osu x	86
Příloha 13. Popisná statistika pro osu y	87
Příloha 14. Popisná statistika pro hodnoty EQ score.....	88
Příloha 15. Tabulka statistických významností pro osu x.	89
Příloha 16. Tabulka statistických významností pro osu y.	90
Příloha 17. Tabulka statistických významností pro hodnoty EQ score.....	91

PŘÍLOHY

Příloha 1. Pohybové strategie k udržení posturální stability (Shumway-Cook & Woollacott, 2001)

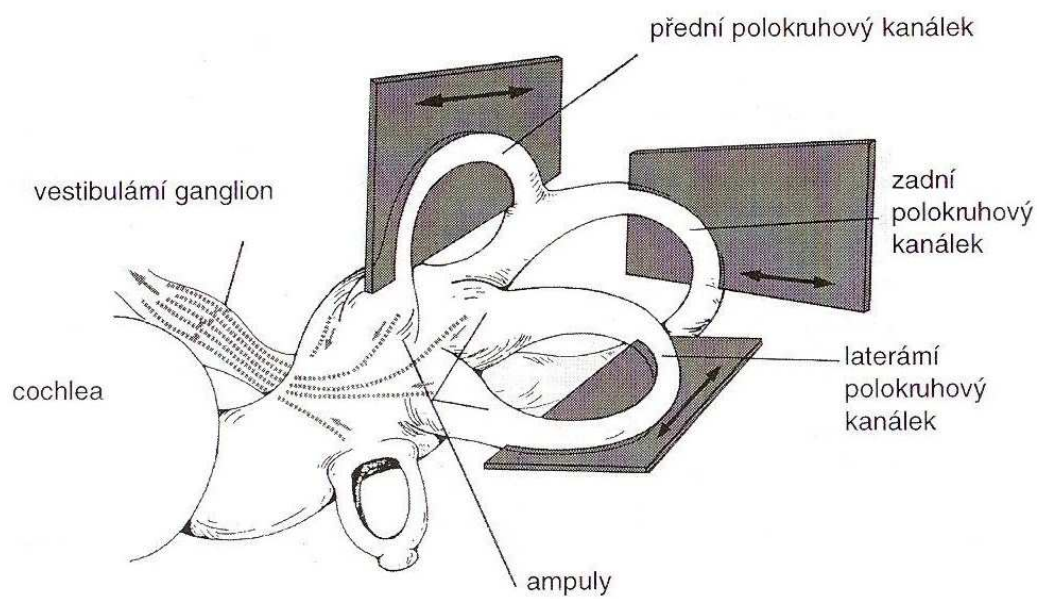


Příloha 2. Sensory organization test (<http://resourcesonbalance.com/images/SOTIllustration.gif>)



Sensory Organization Test

Příloha 3. Orientace polokruhovitých kanálků (Novotný et al., 1997)



Příloha 4. Poučení a souhlas probanda

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Tř. Svobody 8

771 11 Olomouc

Poučení a souhlas probanda

Klient/ka souhlasí s provedením posturografického vyšetření v kineziologické laboratoři FNOL pomocí modulu Smart EquiTest System firmy Neurocom®, pro měření na diplomovou práci s názvem „*Vliv centrálního a periferního vidění na posturální stabilitu jedince*“, kterou zpracovává Bc. Martina Marková pod vedením Mgr. Radka Mlíky, Ph.D.

Byl/a jsem srozuměn/a a seznámen/a s průběhem vyšetření a souhlasím s jeho provedením, nahlédnutím do mé zdravotnické dokumentace v rozsahu nezbytně nutném a anonymním použitím získaných údajů do diplomové práce s respektováním pravidel ochrany osobních dat.

V Olomouci dne

podpis.....

subjektivní pocity na zrakovou korekci:	x	POMÁHÁ MI
	x	NEPOCIŤUJI ROZDÍL

Operace na očích (kdy, co)

Další momentální subjektivní potíže:

Točení hlavy	ANO	x	NE
--------------	-----	---	----

Závratě	ANO	x	NE
---------	-----	---	----

Slabost	ANO	x	NE
---------	-----	---	----

Únava	ANO	x	NE
-------	-----	---	----

Zraková dominance:

Hole-in-the-card-test	PRAVÉ OKO	x	LEVÉ OKO
-----------------------	-----------	---	----------

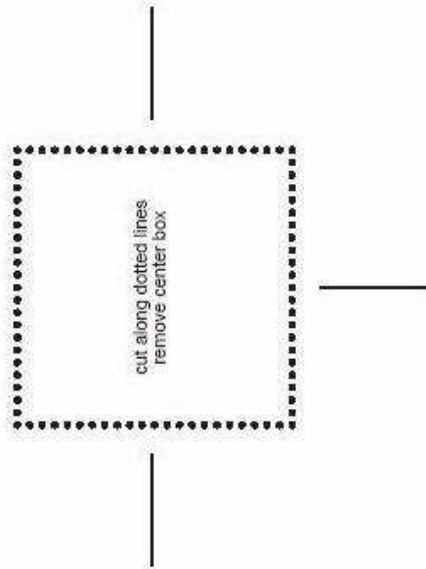
Miles test	PRAVÉ OKO	x	LEVÉ OKO
------------	-----------	---	----------

Camera test	PRAVÉ OKO	x	LEVÉ OKO
-------------	-----------	---	----------

USA *Eyes*.org

Dominant Eye Test Card

- 1 Print USAEyes.org Dominant Eye Test Card on your computer printer.
- 2 Cut across dotted line to make smaller rectangle. Cut out center square.
- 3 Hold USAEyes.org Dominant Eye Test Card with both hands at arm's length and centered in front of you.
- 4 With both eyes open, focus on any still object viewed through the center hole.
- 5 While continuing to keep focus on the object, keeping the object centered in the hole, and with both eyes open, slowly bring the USAEyes.org Dominant Eye Test Card toward you until you touch your face.
- 6 The eye over which you have the USAEyes.org Dominant Eye Test Card centered is your dominant eye.
- 7 Repeat test to verify.



The dominant eye is the eye that looks directly at an object. The non-dominant eye looks at the same object at a slight angle. This small difference provides depth perception.

Being right or left handed will not necessarily determine if you are right or left eye dominant. Eye dominance is an important consideration for monovision correction to reduce the need for reading glasses or bifocals.

cut along dotted line

Příloha 7. Standardizace centrálního vidění



Příloha 8. Standardizace periferního vidění



Příloha 9. Standardizace měření při monokulárním vidění (pozorování pravým a levým okem)



Příloha 10. Příklad výsledného reportu

ID: AT1001251
 Date of Birth: 9/3/1986
 Height: 168 cm

Comments:

Operator: NotSpecified
 Referral source: amb

Sensory Organization Test

Test Date: 9/12/2009
 Test Time: 16:16:16

Conditions	EQUILIBRIUM			STRATEGY			COG Alignment					
	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 1		Trial 2		Trial 3	
1	89	94	93	98	97	98	0,9	3,7	0,2	3,1	0,3	3,1
2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
5	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
6	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Composite = NS												

Příloha 11. Základní anamnestické údaje

proband	věk	výška (cm)	váha (kg)	dominantní oko
1	25	172	53	P
2	23	168	57	L
3	23	182	52	P
4	23	183	68	P
5	24	176	60	P
6	23	183	61	P
7	23	170	78	P
8	23	169	79	P
9	23	167	57	P
10	24	179	80	L
11	24	168	69	L
12	23	167	55	P
13	22	170	61	P
14	24	173	58	P
15	23	174	62	L
16	23	165	61	P
17	26	176	73	P
18	24	167	63	P
19	23	172	53	P
20	24	176	87	P
průměr	23,5	172,85	64,35	
sm.odch.	0,889	5,631	10,194	

Legenda k příloze 11:

L ... dominantní levé oko;

P ... dominantní pravé oko.

Příloha 12. Popisná statistika pro osu x

	Úroveň	Úroveň	N	prům_x	prům_x	prům_x	prům_x	prům_x
	Faktor	Faktor		Průměr	Sm.odch.	Sm.Ch.	-95,00%	95,00%
Celkem			400	0,264	0,507	0,025	0,214	0,313
podložka	bez		200	0,018	0,472	0,033	-0,048	0,083
podložka	molitan		200	0,510	0,413	0,029	0,452	0,567
test	OE		40	0,263	0,441	0,070	0,121	0,404
test	CE		40	0,290	0,493	0,078	0,132	0,448
test	CV		40	0,224	0,519	0,082	0,058	0,390
test	PV		40	0,267	0,419	0,066	0,133	0,401
test	L		40	0,409	0,472	0,075	0,258	0,560
test	L_CV		40	0,285	0,513	0,081	0,121	0,449
test	L_PV		40	0,262	0,529	0,084	0,093	0,431
test	P		40	0,152	0,578	0,091	-0,033	0,336
test	P_CV		40	0,184	0,508	0,080	0,022	0,347
test	P_PV		40	0,301	0,584	0,092	0,114	0,488
podložka*test	bez	OE	20	0,033	0,382	0,085	-0,145	0,212
podložka*test	bez	CE	20	0,015	0,413	0,092	-0,178	0,208
podložka*test	bez	CV	20	-0,035	0,473	0,106	-0,256	0,186
podložka*test	bez	PV	20	0,053	0,419	0,094	-0,143	0,250
podložka*test	bez	L	20	0,183	0,441	0,099	-0,023	0,390
podložka*test	bez	L_CV	20	0,073	0,531	0,119	-0,175	0,322
podložka*test	bez	L_PV	20	0,043	0,586	0,131	-0,231	0,318
podložka*test	bez	P	20	-0,170	0,499	0,112	-0,404	0,064
podložka*test	bez	P_CV	20	-0,050	0,390	0,087	-0,233	0,133
podložka*test	bez	P_PV	20	0,030	0,563	0,126	-0,234	0,294
podložka*test	molitan	OE	20	0,492	0,379	0,085	0,314	0,669
podložka*test	molitan	CE	20	0,565	0,412	0,092	0,372	0,758
podložka*test	molitan	CV	20	0,483	0,434	0,097	0,280	0,686
podložka*test	molitan	PV	20	0,480	0,299	0,067	0,340	0,620
podložka*test	molitan	L	20	0,635	0,394	0,088	0,451	0,819
podložka*test	molitan	L_CV	20	0,497	0,406	0,091	0,306	0,687
podložka*test	molitan	L_PV	20	0,480	0,360	0,080	0,312	0,648
podložka*test	molitan	P	20	0,473	0,467	0,104	0,255	0,692
podložka*test	molitan	P_CV	20	0,418	0,511	0,114	0,179	0,658
podložka*test	molitan	P_PV	20	0,572	0,477	0,107	0,348	0,795

Legenda k příloze 12:

- OE ... otevřené oči;
- CE ... zavřené oči;
- CV ... centrální vidění;
- PV ... periferní vidění;
- L ... levé oko;
- L_CV ... centrální vidění levého oka;
- L_PV ... periferní vidění levého oka;
- P ... pravé oko;
- P_CV ... centrální vidění pravého oka;
- P_PV ... periferní vidění pravého oka.

Příloha 13. Popisná statistika pro osu y.

	Úroveň	Úroveň	N	prům_y	prům_y	prům_y	prům_y	prům_y
	Faktor	Faktor		Průměr	Sm.odch.	Sm.Ch.	-95,00%	95,00%
Celkem			400	0,216	1,036	0,052	0,114	0,318
podložka	bez		200	0,013	1,037	0,073	-0,132	0,157
podložka	molitan		200	0,419	0,996	0,070	0,280	0,558
test	OE		40	0,453	1,196	0,189	0,070	0,835
test	CE		40	0,272	0,982	0,155	-0,042	0,586
test	CV		40	0,510	1,110	0,176	0,155	0,865
test	PV		40	0,118	0,780	0,123	-0,132	0,367
test	L		40	0,283	0,969	0,153	-0,027	0,592
test	L_CV		40	0,377	1,167	0,185	0,003	0,750
test	L_PV		40	0,168	0,965	0,153	-0,140	0,477
test	P		40	-0,054	0,952	0,150	-0,359	0,250
test	P_CV		40	0,069	1,189	0,188	-0,311	0,450
test	P_PV		40	-0,036	0,911	0,144	-0,327	0,256
podložka*test	bez	OE	20	-0,003	1,094	0,245	-0,515	0,508
podložka*test	bez	CE	20	0,135	0,931	0,208	-0,301	0,571
podložka*test	bez	CV	20	0,252	1,231	0,275	-0,324	0,828
podložka*test	bez	PV	20	-0,018	0,804	0,180	-0,395	0,358
podložka*test	bez	L	20	0,033	0,974	0,218	-0,423	0,489
podložka*test	bez	L_CV	20	0,337	1,211	0,271	-0,230	0,904
podložka*test	bez	L_PV	20	0,072	0,993	0,222	-0,393	0,536
podložka*test	bez	P	20	-0,267	0,949	0,212	-0,711	0,177
podložka*test	bez	P_CV	20	-0,085	1,226	0,274	-0,659	0,489
podložka*test	bez	P_PV	20	-0,327	0,915	0,205	-0,755	0,102
podložka*test	molitan	OE	20	0,908	1,141	0,255	0,374	1,443
podložka*test	molitan	CE	20	0,408	1,036	0,232	-0,077	0,893
podložka*test	molitan	CV	20	0,768	0,935	0,209	0,331	1,206
podložka*test	molitan	PV	20	0,253	0,751	0,168	-0,098	0,605
podložka*test	molitan	L	20	0,532	0,920	0,206	0,101	0,962
podložka*test	molitan	L_CV	20	0,417	1,151	0,257	-0,122	0,955
podložka*test	molitan	L_PV	20	0,265	0,951	0,213	-0,180	0,710
podložka*test	molitan	P	20	0,158	0,929	0,208	-0,277	0,593
podložka*test	molitan	P_CV	20	0,223	1,162	0,260	-0,321	0,767
podložka*test	molitan	P_PV	20	0,255	0,830	0,186	-0,133	0,643

Legenda k příloze 13 viz příloha 12

Příloha 14. Popisná statistika pro hodnoty EQ score.

	Úroveň	Úroveň	N	prům E	prům E	prům E	prům E	prům E
	Faktor	Faktor		Průměr	Sm.odch.	Sm.Ch.	-95,00%	95,00%
Celkem			400	90,788	5,149	0,257	90,282	91,294
podložka	bez		200	93,878	2,249	0,159	93,565	94,192
podložka	molitan		200	87,698	5,376	0,380	86,949	88,448
test	OE		40	94,200	1,807	0,286	93,622	94,778
test	CE		40	88,000	5,914	0,935	86,108	89,892
test	CV		40	87,258	6,005	0,950	85,338	89,179
test	PV		40	93,167	2,854	0,451	92,254	94,080
test	L		40	92,992	3,235	0,511	91,957	94,026
test	L_CV		40	87,958	5,778	0,914	86,111	89,806
test	L_PV		40	91,967	3,423	0,541	90,872	93,062
test	P		40	92,967	2,359	0,373	92,212	93,721
test	P_CV		40	87,667	6,671	1,055	85,533	89,800
test	P_PV		40	91,708	3,780	0,598	90,500	92,917
podložka*test	bez	OE	20	95,383	1,627	0,364	94,622	96,145
podložka*test	bez	CE	20	93,333	1,560	0,349	92,603	94,063
podložka*test	bez	CV	20	92,700	1,809	0,405	91,853	93,547
podložka*test	bez	PV	20	94,683	2,188	0,489	93,659	95,708
podložka*test	bez	L	20	94,917	1,657	0,371	94,141	95,692
podložka*test	bez	L_CV	20	93,017	2,101	0,470	92,033	94,000
podložka*test	bez	L_PV	20	93,950	2,676	0,598	92,698	95,202
podložka*test	bez	P	20	94,517	1,116	0,250	93,994	95,039
podložka*test	bez	P_CV	20	92,700	3,070	0,687	91,263	94,137
podložka*test	bez	P_PV	20	93,583	2,466	0,551	92,429	94,737
podložka*test	molitan	OE	20	93,017	1,051	0,235	92,525	93,509
podložka*test	molitan	CE	20	82,667	3,080	0,689	81,225	84,108
podložka*test	molitan	CV	20	81,817	2,901	0,649	80,459	83,174
podložka*test	molitan	PV	20	91,650	2,663	0,596	90,404	92,896
podložka*test	molitan	L	20	91,067	3,306	0,739	89,519	92,614
podložka*test	molitan	L_CV	20	82,900	3,199	0,715	81,403	84,397
podložka*test	molitan	L_PV	20	89,983	2,935	0,656	88,610	91,357
podložka*test	molitan	P	20	91,417	2,263	0,506	90,358	92,476
podložka*test	molitan	P_CV	20	82,633	5,347	1,196	80,131	85,136
podložka*test	molitan	P_PV	20	89,833	3,980	0,890	87,971	91,696

Legenda k příloze 14 viz příloha 12

Příloha 15. Tabulka statisticky významných rozdílů pro x.

podležka	test	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]
1 bez	OE	0,033	0,015	-0,035	0,053	0,183	0,073	0,043	-0,170	-0,050	0,030	0,492	0,565	0,483	0,480	0,635	0,497	0,480	0,473	0,418	0,572
2 bez	CE	0,897	0,897	0,629	0,888	0,290	0,778	0,944	0,151	0,556	0,981	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,002	0,002	0,007	0,000
3 bez	CV	0,629	0,724	0,787	0,235	0,680	0,444	0,580	0,341	0,916	0,646	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
4 bez	PV	0,888	0,787	0,533	0,359	0,124	0,888	0,944	0,115	0,466	0,869	0,002	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
5 bez	L	0,290	0,235	0,124	0,359	0,457	0,457	0,323	0,013	0,100	0,279	0,080	0,007	0,005	0,037	0,002	0,027	0,037	0,041	0,097	0,006
6 bez	L_CV	0,778	0,680	0,444	0,888	0,437	0,832	0,832	0,086	0,384	0,760	0,003	0,001	0,004	0,004	0,000	0,003	0,004	0,005	0,015	0,000
7 bez	L_PV	0,944	0,841	0,580	0,944	0,323	0,832	0,132	0,152	0,510	0,925	0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,002	0,003	0,008	0,000
8 bez	P	0,151	0,192	0,341	0,115	0,013	0,086	0,132	0,397	0,158	0,572	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9 bez	P_CV	0,556	0,646	0,916	0,466	0,100	0,384	0,510	0,397	0,572	0,572	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
10 bez	P_PV	0,981	0,916	0,646	0,869	0,279	0,760	0,925	0,158	0,572	0,572	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,002	0,002	0,006	0,000
11 molitan	OE	0,001	0,001	0,000	0,002	0,030	0,003	0,002	0,000	0,000	0,001	0,694	0,694	0,584	0,548	0,621	0,629	0,548	0,517	0,300	0,962
12 molitan	CE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,694	0,694	0,584	0,548	0,621	0,629	0,548	0,517	0,300	0,962
13 molitan	CV	0,002	0,001	0,000	0,003	0,035	0,004	0,002	0,000	0,000	0,001	0,953	0,953	0,564	0,564	0,284	0,284	0,981	0,944	0,646	0,533
14 molitan	PV	0,002	0,001	0,000	0,003	0,037	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,954	0,954	0,548	0,548	0,274	0,274	0,906	0,962	0,663	0,517
15 molitan	L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,312	0,312	0,284	0,274	0,329	0,329	0,274	0,254	0,126	0,655
16 molitan	L_CV	0,001	0,001	0,000	0,002	0,027	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,972	0,972	0,629	0,629	0,329	0,329	0,906	0,869	0,580	0,596
17 molitan	L_PV	0,002	0,001	0,000	0,003	0,037	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,954	0,954	0,548	0,548	0,274	0,274	0,906	0,962	0,663	0,517
18 molitan	P	0,002	0,001	0,000	0,003	0,041	0,005	0,003	0,000	0,000	0,002	0,897	0,897	0,517	0,517	0,254	0,254	0,869	0,962	0,698	0,487
19 molitan	P_CV	0,007	0,005	0,001	0,010	0,097	0,015	0,008	0,000	0,001	0,006	0,694	0,694	0,300	0,646	0,126	0,380	0,663	0,698	0,279	0,279
20 molitan	P_PV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,572	0,572	0,533	0,517	0,655	0,596	0,517	0,487	0,279	0,279

Příloha 16. Tabulka statisticky významných rozdílů pro osu y.

	podložka	test	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
			-0,003	0,135	0,252	-0,018	0,053	0,337	0,072	-0,267	-0,085	-0,327	0,908	0,408	0,768	0,253	0,532	0,417	0,265	0,158	0,223	0,255
1	bez	OE		0,667	0,428	0,963	0,909	0,291	0,816	0,413	0,800	0,315	0,005	0,201	0,017	0,425	0,097	0,192	0,404	0,615	0,481	0,422
2	bez	CE	0,667		0,717	0,634	0,752	0,331	0,844	0,212	0,494	0,152	0,017	0,396	0,050	0,713	0,218	0,381	0,686	0,942	0,784	0,709
3	bez	CV	0,428	0,717		0,401	0,497	0,792	0,576	0,108	0,296	0,073	0,042	0,626	0,109	0,596	0,384	0,608	0,967	0,772	0,930	0,992
4	bez	PV	0,963	0,634	0,401		0,872	0,270	0,780	0,440	0,836	0,338	0,004	0,185	0,015	0,399	0,088	0,177	0,379	0,583	0,453	0,396
5	bez	L	0,909	0,752	0,497	0,872		0,346	0,905	0,351	0,713	0,263	0,007	0,244	0,023	0,494	0,122	0,234	0,471	0,698	0,555	0,491
6	bez	L_CV	0,291	0,531	0,792	0,270	0,346		0,410	0,061	0,190	0,040	0,076	0,824	0,180	0,796	0,544	0,804	0,824	0,579	0,725	0,800
7	bez	L_PV	0,816	0,844	0,576	0,780	0,905	0,410		0,293	0,626	0,216	0,010	0,296	0,031	0,572	0,153	0,284	0,548	0,788	0,637	0,569
8	bez	P	0,413	0,212	0,108	0,440	0,351	0,061	0,293		0,572	0,852	0,000	0,036	0,001	0,107	0,013	0,034	0,099	0,187	0,128	0,105
9	bez	P_CV	0,800	0,494	0,296	0,856	0,713	0,190	0,626	0,572		0,453	0,002	0,126	0,008	0,293	0,056	0,119	0,277	0,449	0,338	0,291
10	bez	P_PV	0,315	0,152	0,073	0,338	0,263	0,040	0,216	0,852	0,453		0,000	0,023	0,001	0,072	0,008	0,021	0,066	0,132	0,088	0,071
11	molitan	OE	0,005	0,017	0,042	0,004	0,007	0,076	0,010	0,000	0,002	0,000		0,121	0,663	0,042	0,242	0,127	0,046	0,020	0,034	0,043
12	molitan	CE	0,201	0,396	0,626	0,185	0,244	0,824	0,296	0,036	0,126	0,023	0,121		0,263	0,630	0,701	0,979	0,656	0,437	0,565	0,634
13	molitan	CV	0,017	0,050	0,109	0,015	0,023	0,180	0,031	0,001	0,008	0,001	0,663	0,263		0,110	0,462	0,275	0,118	0,058	0,091	0,111
14	molitan	PV	0,425	0,713	0,996	0,399	0,494	0,796	0,572	0,107	0,293	0,072	0,042	0,630	0,110		0,387	0,612	0,971	0,768	0,926	0,996
15	molitan	L	0,097	0,218	0,384	0,088	0,122	0,544	0,153	0,013	0,056	0,008	0,242	0,701	0,462	0,387		0,721	0,407	0,246	0,338	0,390
16	molitan	L_CV	0,192	0,381	0,608	0,177	0,234	0,804	0,284	0,034	0,119	0,021	0,127	0,979	0,275	0,612	0,721		0,637	0,422	0,548	0,615
17	molitan	L_PV	0,404	0,686	0,967	0,379	0,471	0,824	0,548	0,099	0,277	0,066	0,046	0,656	0,118	0,971	0,407	0,637		0,740	0,897	0,975
18	molitan	P	0,615	0,942	0,772	0,583	0,698	0,579	0,788	0,187	0,449	0,132	0,020	0,437	0,058	0,768	0,246	0,422	0,740		0,840	0,764
19	molitan	P_CV	0,481	0,784	0,930	0,453	0,555	0,725	0,637	0,128	0,338	0,088	0,034	0,565	0,091	0,926	0,338	0,548	0,897	0,840		0,922
20	molitan	P_PV	0,422	0,709	0,992	0,396	0,491	0,800	0,569	0,105	0,291	0,071	0,043	0,634	0,111	0,996	0,390	0,615	0,975	0,764	0,922	

Příloha 17. Tabulka statisticky významných rozdílů pro hodnoty EQ score.

	podložka	test	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
			95,383	93,333	92,700	94,683	94,917	93,017	93,950	94,517	92,700	93,583	93,017	82,667	81,817	91,650	91,067	82,900	89,983	91,417	82,633	89,833
1	bez	OE	0,018	0,002	0,419	0,419	0,590	0,007	0,098	0,317	0,002	0,038	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	bez	CE		0,465	0,119	0,068	0,715	0,715	0,476	0,172	0,465	0,773	0,715	0,000	0,000	0,052	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	bez	CV	0,002	0,465		0,022	0,011	0,715	0,149	0,036	1,000	0,308	0,715	0,000	0,000	0,226	0,060	0,000	0,002	0,139	0,000	0,001
4	bez	PV	0,419	0,119	0,022		0,788	0,065	0,397	0,847	0,022	0,204	0,055	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	bez	L	0,590	0,068	0,011	0,788		0,029	0,264	0,644	0,011	0,124	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	bez	L_CV	0,007	0,715	0,715	0,055	0,029		0,281	0,084	0,715	0,513	1,000	0,000	0,000	0,115	0,025	0,000	0,001	0,065	0,000	0,000
7	bez	L_PV	0,098	0,476	0,149	0,397	0,264	0,281		0,513	0,149	0,672	0,281	0,000	0,000	0,008	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
8	bez	P	0,317	0,172	0,036	0,847	0,644	0,084	0,513		0,036	0,281	0,084	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	bez	P_CV	0,002	0,465	1,000	0,022	0,011	0,715	0,149	0,036		0,308	0,715	0,000	0,000	0,226	0,060	0,000	0,002	0,139	0,000	0,001
10	bez	P_PV	0,058	0,715	0,308	0,204	0,124	0,513	0,672	0,281	0,308		0,513	0,000	0,000	0,026	0,004	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000
11	molitan	OE	0,007	0,715	0,715	0,055	0,029	1,000	0,281	0,084	0,715	0,513		0,000	0,000	0,115	0,025	0,000	0,001	0,065	0,000	0,000
12	molitan	CE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,326	0,326	0,000	0,000	0,788	0,000	0,000	0,969	0,000
13	molitan	CV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,326	0,326	0,000	0,000	0,211	0,000	0,000	0,346	0,000
14	molitan	PV	0,000	0,052	0,226	0,001	0,000	0,115	0,008	0,001	0,226	0,026	0,115	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000	0,055	0,788	0,000	0,036
15	molitan	L	0,000	0,009	0,060	0,000	0,000	0,025	0,001	0,000	0,060	0,004	0,025	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,211	0,686	0,000	0,155
16	molitan	L_CV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,788	0,211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,758	0,000
17	molitan	L_PV	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,055	0,211	0,000	0,000	0,098	0,000	0,862
18	molitan	P	0,000	0,027	0,139	0,000	0,000	0,065	0,004	0,000	0,139	0,013	0,065	0,000	0,000	0,788	0,686	0,000	0,098	0,000	0,000	0,068
19	molitan	P_CV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,969	0,346	0,000	0,000	0,758	0,000	0,000	0,000	0,000
20	molitan	P_PV	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,155	0,000	0,862	0,068	0,000	0,000