

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Klára Sosnová

**Hodnocení posturálních schopností dětí
v prepubertálním a pubertálním období**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Anita Můčková

Olomouc 2015

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

Olomouc 12. května 2015

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucí mé práce Mgr. Anitě Můčkové za odborné vedení, pomoc a ochotu při zpracovávání diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Radce Crhonkové za vstřícnost při využívání kineziologické laboratoře v nestandardních časech a rodičům s dětmi, kteří se ochotně zúčastnili měření.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: diplomová

Název práce: Hodnocení posturálních schopností dětí v prepubertálním a pubertálním období.

Téma: Hodnocení posturálních schopností dětí v prepubertálním a pubertálním období.

Název práce v AJ: Evaluation of postural abilities in prepubertal and pubertal children

Datum zadání: 2014-30-01

Datum odevzdání: 18-5-2015

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

Autor práce: Bc. Klára Sosnová

Vedoucí práce: Mgr. Anita Můčková

Oponent práce: Mgr. Anna Zelená

Abstrakt v ČJ:

Diplomová práce se zabývá hodnocením posturálních schopností u prepubertálních a pubertálních dětí ve věku 8-13 let ($n = 22$), vztaženým k hodnotám skupiny dospělých ve věku 22-25 let ($n = 10$), prezentujících referenční skupinu. Cílem bylo zjistit, zda změny spojené s nástupem puberty ovlivňují posturu ve zvolených statických podmínkách. Bylo zkoumáno, zda je možné nalézt rozdíl v parametrech charakterizujících posturální stabilitu mezi dětmi, adolescenty a dospělou skupinou a zda děti a adolescenti v tomto věku již dosahují srovnatelné kvality posturálních funkcí s dospělými. Výzkumné šetření bylo

provedeno použitím čtyř posturografických testů Sensory Organization Test, Limits of Stability, Unilateral Stance, Rhythmic Weight Shift a dotazníků.

Na základě statistického zpracování dat ($\alpha < 0,05$) byla zjištěna významně horší posturální stabilita dětí a adolescentů v porovnání s dospělými, významné rozdíly ve strategické analýze mezi zkoumanými skupinami a významně horší posturální stabilizace dětí při stožení na jedné DK bez alterace zraku i s ní a adolescentů bez alterace zraku v porovnání s dospělými. Velikost limitů stability nebyla v globále ovlivněna věkem. Jako významná se ukázal schopnost práce dětí a adolescentů s vizuálním feedbackem, především v parametru kontroly směru. V porovnání s dospělými ukázaly děti významně horší kontrolu přímosti směru v antero-posteriorním směru a adolescenti v posteriorních směrech. Také v testu dynamického sledování pohybu COP s vizuálním feedbackem se projevila ve srovnání s dospělými významně horší kontrola směru u dětí a adolescentů v antero-posteriorním směru a dětí v porovnání s adolescenty ve stejném směru v závislosti na rychlosti testu. Byly nalezeny významné korelace mezi výškou a parametry posturální stability a zjištěny signifikantní rozdíly ve využití senzorických systémů mezi testovanými skupinami.

Abstrakt v AJ:

The purpose of thesis was evaluation of postural functions in prepubertal and pubertal children in age 8-13 years ($n = 22$) and adults in age 22-25 years ($n = 10$), that presented the reference group. The aim was to found out if there were some changes connect with the onset of puberty influence the posture in specific static conditions. It was examined if it can be found some differences between parameters that characterize postural stability between children, adolescents and adult group and whether children and adolescents have the same quality of postural functions in this age as adults. Experimental investigation was made by using of four posturographic tests – Sensory Organization Test, Limits of Stability, Unilateral Stance, Rhythmic Weight Shift and questionnaires.

On the basis of data statistic processing ($\alpha < 0,05$) was found significantly worse children's and adolescent's postural stability against adults, significant differences in the strategy analysis between examine groups and significantly worse children's postural stabilization in one-leg stance with and without vision affection and adolescents without vision affection as compared to adults. Values of limits of stability was not influenced by age. As significant were found children's and adolescent's work with the visual feedback, especially in directional control parameters. As compared to adults showed children

significantly worse directional control in antero-posterior way and adolescents in posterior ways. Also in test of dynamic following movement of COP with visual feedback there was significantly worse postural control of direction in children and adolescents in anter-posterior direction compared to adults and children compared to adolescents in the same direction, but in relation to the velocity. There was found a significant correlations between high and postural stability parameters and also found significant differences in utilization of sensory systems between evaluation groups.

Klíčová slova v ČJ: postura, děti, adolescenti, posturografie, puberta, rovnováha

Klíčová slova v AJ: posture, children, adolescents, posturography, puberty, equilibrium

Rozsah: 102 stran, 6 stran příloh

Obsah

1	Posturální stabilita	13
1.1	Limity stability	14
1.2	Stoj na jedné dolní končetině	14
1.3	Postural sway	15
1.4	COM, COG, COP, BS	15
2	Teorie posturální kontroly	16
3	Prepubescence a puberta	18
3.1	Změny v období puberty	18
3.2	Změny v limbickém systému	19
4	Vývoj posturální kontroly během dospívání	21
4.1	Funkční principy prostorové organizace	22
4.2	Modus segmentové a en Block posturální strategie	23
4.3	Periody vývoje posturálních strategií během ontogenetického vývoje	23
4.4	Somatosenzorické a vizuální podněty	25
4.5	Open-loop a closed-loop strategie	28
4.6	Postup k dospělému modelu posturální kontroly	29
5	Základní pohybové schopnosti v období adolescence	30
6	Faktory ovlivňující posturální kontrolu v adolescenci	30
6.1	Vliv pravidelné sportovní aktivity	30
6.2	Vliv obezity	31
7	Cíle a hypotézy	33

7.1	Cíle práce	33
7.2	Hypotézy	33
8	Metodika.....	36
8.1	Charakteristika sledované skupiny	36
8.2	Standardizace prostředí.....	37
8.3	Metoda výzkumu	37
8.4	Průběh měření	41
8.5	Zpracování a vyhodnocování dat	41
8.6	Statistické zpracování dat	41
9	Výsledky.....	42
9.1	Hypotéza H ₀₁	42
9.2	Hypotéza H ₀₂	45
9.3	Hypotéza H ₀₃	45
9.4	Hypotéza H ₀₄	47
9.5	Hypotéza H ₀₅	51
9.6	Hypotéza H ₀₆	52
9.7	Hypotéza H ₀₇	53
9.8	Hypotéza H ₀₈	53
10	Diskuze	56
10.1	Diskuze k metodice práce	57
10.2	Diskuze k výsledkům dle hypotéz	60
10.2.1	Hypotéza H ₀₁	60
10.2.2	Hypotéza H ₀₂	62

10.2.3	Hypotéza H_03	62
10.2.4	Hypotéza H_04	64
10.2.5	Hypotéza H_05, H_06	67
10.2.6	Hypotéza H_07	69
10.2.7	Hypotéza H_08	70
10.3	Limity práce	72
10.4	Východiska pro praxi.....	72
11	Závěr.....	73
12	Referenční seznam.....	75

Úvod

„Organismus a jeho prostředí jsou v nikdy nekončící hře, hře kde pravidla nejsou definována a pohyby jsou plánované v nevědomí oponenta (Bernstein in Hadders-Algra, Carlberg, 2008, p. 221).“

Lidská vertikální postura je nestabilní. Nestabilitu podmiňuje vysoko položené COM a vzhledem k výšce lidského těla nepoměrně malá opěrná báze. Na rozdíl od představ minulého století, se chápání postury posunulo od spolupůsobení svalového tonu a reflexů, k procesu dynamickému, aktivnímu zahrnujícímu aktivitu celé centrální nervové soustavy (Hadders-Algra, Carlberg, 2008, pp. 24-25). Až do roku 1940 nebyly evidovány empirické studie, které by se zabývaly objektivním kvantifikováním puberty. Až v roce 1940 a 1950 autoři Reynolds a Wines zachytili u chlapců a dívek fyzické změny v období puberty. Následovala známá práce britského pediatra Jamese Tannera, který sepsal stupnici pro hodnocení sekundárních pohlavních znaků v pubertě a která je používána dodnes (Dorn, Biro, 2011, p. 180).

Znalost vývoje posturálních strategií od dětského věku, přes dospívání k dospělosti je nutná při formování úsudku o funkci senzorického systému a jeho deficitech při roli v udržování posturální stability (Westcott, Lowes, Richardson, 1997, pp. 631-632). Tyto studie u typicky se vyvíjejících dětí mohou přispět k lepšímu chápání vývojových poruch (Bramen et al., 2011, p. 636). Adekvátní posturální kontrola je prerekvizitou pro adekvátní pohyblivost a pohyb. Problémy v této oblasti tedy mohou mít vážné důsledky pro optimální vykonávání ADL a ovlivňují tedy nejen zdravotní stav, ale také sociálně-pracovní zařazení a aktivitu ve společnosti a vnímání člověka jeho okolím, které vnímá pohybový projev jako určitou charakteristiku konkrétní osoby (Hadders-Algra, Carlberg, 2008, p. 28).

Ke zkoumání a hodnocení kontroly rovnováhy jsou používány nejčastěji dvě metody. Hodnocení kompenzačních odpovědí při působení externího rušivého vlivu (D'Hondt et al., 2011, pp. 85-88; Ferber-Viart et al., 2007, pp. 1042-1044; Forssberg, Nashner, 1982, pp. 546-547; Geldhof et al., 2006, pp. 780-782) a druhým je sledování stálých, pasivních, posturo-kinetických aktivit (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 14-16; Assaiante et al., 2005, pp. 114-116; Hatzitaki et al., 2002, pp. 162-165; Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 111-112). Využívá se testování klinické nebo častěji přístrojové (Vařeka, 2002, s. 128). Klinické testování využívá hodnocení prostým pohledem nebo funkční testování. Zde je možné hodnotit úkol jednoduchý, dvojitý nebo více úkolů najednou. Další možností je testování

přístrojové, které je mnohem méně zatíženo subjektivní chybou vyšetřujícího (Cherng, Lee, Su, 2003, p. 509). V přehledu testovaných věkových skupin, je však velmi málo studií cíleno na adolescentní období a ještě méně na srovnání skupin prepubertálních a pubertálních dětí. Pozornost studií se v tomto věkovém období probandů zaměřuje více na kritéria výkonnostní, silová, koordinační nebo na vlivy cíleného tréninku či výživy. Za období nejdramatičtějších změn je všeobecně považováno období 5-7 let a to z hlediska somatického, psychického a kognitivního. Následující skupinou pak bývá nejčastěji skupina dospělých, která je chápána jako skupina kontrolní. Je však prokázáno, že obtížnost udržování rovnováhy není závislá pouze na tíži zadaného úkolu, ale také na věku probandů (Assaiante, Amblard, 1995, p. 15; Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, p. 1).

Je všeobecně přijímán názor, že první fází ve vývoji posturální kontroly je budování repertoáru posturálních strategií, druhým krokem je učení se výběru nejvhodnější z nich na základě schopnosti předvídat důsledky pohybu pro udržení rovnováhy nebo efektivitě úkolu (Assaiante et al., 2005, p. 109). Právě tyto schopnosti výběru posturální strategie, schopnost senzorycké integrace a schopnost využít předchozí zkušenosti jsou v určitých věkových skupinách srovnávány s hodnotou kontrolní skupiny, kterou je dospělost, nejčastěji věk 20-35 (40) let. Období puberty je specifické mnoha somatickými, endokrinními a behaviorálními změnami, které se projeví také ve změnách ve výběru posturálních strategií, míře jejich využití a změně preferencí výpovědních hodnot jednotlivých senzoryckých vstupů (Assaiante et al., 2005, pp. 109-115; Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 112-113; Horak, 1997, p. 79, Lebedowska, Syczewska, 2000, pp. 200-201).

Strategie vyhledávání

Vyhledávání odborných článků bylo provedeno v období prosinec 2013 až duben 2015, v databázích ProQuest a MEDLINE. Byla prohledána recenzovaná odborná literatura periodik Rehabilitace a fyzikální lékařství, Neurologie pro praxi, Gait & Posture.

Kritériem pro výběr dokumentů byly články v českém, slovenském, polském a anglickém jazyce týkající se dané problematiky dle zadání tématu diplomové práce, jejich plnotextová dostupnost a rok vydání 2000 - 2015.

Kombinace těchto klíčových slov byla použita pro vyhledávání: posturografie, puberta, posturální strategie, ontogeneze, adolescenti.

V databázi ProQuest bylo nalezeno 62 dokumentů, z nichž bylo použito 46 článků. V databázi MEDLINE bylo nalezeno 48 dokumentů, z nichž použito bylo 38 článků. Ostatní články nebyly použity z důvodů nedostupnosti plné verze textu nebo jejich obsah plně neodpovídal zvolenému tématu diplomové práce. V periodiku Rehabilitace a fyzikální lékařství byly nalezeny dva dokumenty, v periodiku Gait & Posture 6 dokumentů a v periodiku nebyl nalezen žádný dokument. Celkem bylo v diplomové práci použito 92 dohledaných dokumentů.

1 Posturální stabilita

Posturální stabilitu je možno specifikovat jako vyváženou a koordinovanou pozici těla jako celku nebo jako vysoce specializovaný proces udržování rovnováhy, polohy těla a jeho částí ve stále se měnícím prostředí. Je to pohybový regulační mechanismus těla, předchází pohyb a po provedení pohybu se tento systém snaží dosaženou polohu udržet. Tedy dosáhnout kompromisu mezi dopřednou propulzí těla zahrnující destabilizační síly a potřebě udržet laterální stabilitu těla (Assaiante, 1998, p. 528). Je úzce spojena se schopností přesně vnímat okolí periferním sensorickým systémem a tyto informace pak centrálně zpracovat a integrovat tak proprioceptivní, vizuální a vestibulární vjemy na úrovni CNS. Tato schopnost vnímání, zpracování a integrace umožňuje CNS formovat vhodné svalové synergie potřebné k udržení balance (Hatzitaki et al., 2002, p. 161; Ferber-Viart et al., 2007, p. 1042; Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, p. 1).

Program k udržení posturální stability má několik fází. Prvním krokem je detekce konkrétní situace sensorickým systémem, pak její vyhodnocení a volba vhodného programu pomocí CNS. Dále aktivace příslušných svalových skupin, generace kontrakční svalové síly a její převedení na momenty sil v pákovém segmentovém systému lidského těla a nakonec vyvolání reakční síly okolí. Významnou roli ve sledu těchto procesů hraje věk, předchozí zkušenosti, fyzický a psychický stav jedince (Vařeka, 2002, s. 123). Podíl propriocepce, vizuálních informací a vestibulárních inputů je v každé periodě ontogeneze různý (Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, pp. 1-2; Assaiante, Amblard, 1995, pp. 23-29). Schopnost udržovat bilanci ve stoji nebo vsedě je definována jako statická balance. Schopnost udržovat bilanci během chůze, dosahu k objektům nebo jiných pohybů je definována jako balance dynamická (Westcott, Lowe, Richardson, 1997, p. 630).

Lidská vertikální postura je nestabilní díky vysoko položenému COM a malé bázi opory. Tělo je charakterizováno velkým počtem kloubů a svalů, které musí být během pohybu či statického stoje kontrolovány. Děje se tak omezováním nebo uvolňováním stupňů volnosti v kloubech v závislosti na vyzrání CNS a vstupních informacích (Woollacott, Shumway-Cook, 1990, p. 54). Dalším mechanismem kontroly koordinace mnoha kloubů je svalová synergie, kdy dochází k omezení svalů v akci, aby pracovaly jako jedna jednotka (Bernstein in Woollacott, Shumway-Cook, a, 1990, p. 54).

Kontrolu rovnováhy proti gravitaci a působícími disturbancím jak ze zevního, tak z vnitřního prostředí popisují dva koncepty motorické kontroly: svalové synergie a pohybové strategie.

1.1 Limity stability

Udržování balance předpokládá udržení COM nad bází opory. Oblast udržování balance reprezentuje konus. Jedná se o soubor nastavení vhodných pozic z pozice základního spatného stoje na nehybné podložce. Tedy všech, ze kterých je možno se vrátit zpět do výchozí pozice bez učinění úkroku. U dospělých jsou limity stability určeny mechanickými omezeními zahrnující individuum (výška, velikost chodidla, ROM) a okolí (typ a konsistence podložky). Díky těmto hodnotám jsou limity u každého variabilní a tato variabilita ovlivňuje výběr motorické strategie vhodné k udržení těla v hranicích konu (Woollacott, Shumway-Cook, 1990, p. 54; Horak, 2006, p. 8).

Jsou uváděny tři posturální strategie k udržení COM v hranicích limitů stability-kotníková, kdy je tělo vlastně obráceným kyvadlem, kyčelní a kroková. Pohyb obráceného kyvadla je charakterizován jako časově konstantní (Massion, 1992, p. 46). Časová konstanta je inverzí k přirozené frekvenci. Kratší kyvadlo (menší osoba) má rychlejší přirozenou frekvenci (Leen in Woollacott, Shumway-Cook, 1990, p. 801). U tohoto modelu je také rozsah COP větší, než pohyb COG (COM). Tento rozdíl je možné považovat za signál, který ovlivňuje horizontální zrychlení COM, protože je považován za chybový v řízení rovnovážného systému (Vařeka, 2002, s. 119).

1.2 Stoj na jedné dolní končetině

Ke zvýšení nároků na kontrolu balance dochází při chůzi. Během švihové fáze jedné DK nese druhá DK váhu celého těla (Assaiante, Amblard, 1995, p. 14). Během druhého až třetího roku se objevuje schopnost krátkého izolovaného stoje na jedné DK, během následujícího roku je pak dítě schopno delšího stoje na jedné DK, asi po dobu patnácti sekund (Kolář et al., 2009, ss. 113-116). Na základě studie popisuje Morioka, že se stabilita stoje na jedné DK při podmínce otevřených očí a nehybné podložky dramaticky zlepšuje během pozdního předškolního a časného školního věku a toto zlepšení pomalu klesá v průběhu staršího školního věku. Během vývoje se mění strategie kontroly rovnováhy ze zrakově dominantní k dominanci somatosenzorických vstupů (Morioka et al., 2012, pp. 1-2). Studie, testující posturograficky stoj spojný a stoj na jedné DK u čtyř preadolescentních věkových skupin chlapců a dívek (skupiny 8, 9, 10 a 11-12 let), ukázala signifikantně největší postural sway během stoje obou zkoušek u osmiletých dětí. Nejnížší hodnoty postural sway stoje spojného byly u skupiny dvanáctiletých dětí a pro stoj na jedné DK byly u skupiny

desetiletých. Přičemž chlapci vykazovali ve všech testech i všech věkových skupinách větší hodnoty postural sway, než dívky (Mickle, Munro, Steele, 2011, pp. 244-247).

1.3 Postural sway

Lidské tělo vykonává neustálé oscilační pohyby kolem fixní pozice. Tyto oscilace nazýváme titubace (postural sway). Jsou výsledkem efektu mechanických vlastností multisegmentálního tělesného systému a posturální kontroly (Lebiedowska, Syczewska, 2000, p. 200). Riach považuje postural sway za projev neschopnosti svalů k produkci čistě konstantní síly a také jako výsledek nutnosti konstantního nastavování funkční interakce otevřených a uzavřených smyček neuromuskulárního systému (Riach, Starkes, 1994, pp. 167). Názory na funkci postural sway v udržování posturální stability se však liší. Kiemel jej považuje za vedlejší produkt neurálního kontrolního systému, projev reprezentující ruch, bez funkční role (Kiemel, Oie, Jeka, 2002, p. 274). Vařeka podobně jako Kiemel a Lebiedovská uvádí, že postural sway je v klidném stoji považován za projev neustálé řídicí činnosti CNS a také jako důsledek neschopnosti těla udržet kontrakční sílu svalů konstantní, čímž dochází ke změnám momentů sil působících na pákách segmentového modelu těla (Vařeka, 2002, s. 118; Kiemel, Oie, Jeka, 2002, p. 274; Lebiedovská, Syczewska, 2000, p. 200). Taube uvádí, že postural sway může mít také průzkumnou či ověřovací funkci. Představuje aktivní strategii k získání podstatné informace o okolí (Taube, Gollhofer, Nielsen, 2012, p. 260).

1.4 COM, COG, COP, BS

Center of mass (COM) je bodem, kam se soustředí těžiště všech segmentů. Center of gravity (COG) je průmět společného těžiště těla (COM) do roviny opěrné báze. Během statické pozice se nachází vždy uvnitř opěrné báze. Center of pressure (COP) je působiště vektoru reakční síly podložky (Vařeka, 2002, s. 117). Opěrná báze (BS) je ohraničená nejbližšími hranicemi opěrné plochy. Opěrná plocha je tou částí plochy kontaktu, kterou využíváme k aktivní opoře a kontrole posturální stability (Vařeka, 2002, s. 116).

2 Teorie posturální kontroly

V minulém století byla postura považována za výsledek reflexů a svalového tonu. Dnes se pochopení procesů v lidském těle posunulo a převažuje názor, že postura je aktivním procesem zahrnujícím celý nervový systém.

Existují dva náhledy na roli postural sway při udržování balance v klidném stoji. První říká, že postural sway nemá funkční roli, pouze reprezentuje jakýsi ruch, šum. Ten je vedlejším produktem neurálního kontrolního systému, který se produkci byť i minimálního sway neumí vyhnout (Kiemel in Hadders-Algra, Carlberg, 2008, p. 8). Ve druhém případě je postural sway následkem účelového procesu uvnitř CNS, pravděpodobně reflektující hledání limitů stability (Ricco, Rily in Hadders-Algra, Carlberg, 2008, p. 8).

Zásadní nynější teorie posturální kontroly zahrnují Neural-Maturationist Theory, Dynamics System Theory a Neuronal Group Selection Theory. Teorie Neural-Maturationist říká, že motorický vývoj je vrozený proces zrání, založený na postupném rozvíjení předurčených vzorů CNS. Do motorického vývoje není v této teorii zahrnuta interakce s prostředím. Motorický vývoj je tak výsledkem vzrůstu kortikální kontroly nad nižšími reflexy. Vzory chování jsou pak uspořádané genetické sekvence, zcela naprogramované zevnitř. Základní motorické dovednosti jsou pak naučeny bez působení zkušenosti, pouze díky zrání mozku. (Hadders-Algra, Carlberg, 2008, p. 25)

Druhá teorie Dynamic Systems Theory navazuje na myšlenky Bernsteina. Kdy každý systém se snaží zorganizovat sám sebe na bázi, kde bude co nejstabilnější, při dodržení co nejnižší energetické náročnosti. Motorický vývoj je považován za hledání vhodného labilního dynamického systému, který by zajistil stabilní situaci s nízkým energetickým výdejem, ve kterém hrají roli elementy vnější (požadavky úkolu, specifická zevní situace, prostředí, hračky, apod.) a vnitřní (svalové napětí, opora, váha, nálada, rozvoj mozku apod.). Motorický vývoj je dle této teorie ovlivněn faktory non-neurálními a faktory okolí (Hadders-Algra, Carlberg, 2008, p. 26).

Poslední teorií je Neuronal Group Selection Theory, která nabízí zlatý střed mezi čistě přírodním, geneticky naplánovaným řízením a teorií dávající do popředí vliv prostředí. Tato teorie říká, že mozek je dynamicky organizován ve variabilní síť, struktury a funkce. Ty jsou vybírány postupným vývojem a chováním jedince. Jednotka výběru jsou skupiny tisíců těsně spojených neuronů - neuronálních skupin, pracující jako funkční jednotky zodpovědné za specifický typ motorického chování. Vývoj tak startuje z určitého primárního neuronálního repertoáru, kdy buňky a spoje těchto primárních repertoárů jsou determinovány evolučně.

Tedy funkční topografie mozku je primárně řízena geneticky (Hadders-Algra, Carlberg, 2008, pp. 27-28).

3 Prepubescence a puberta

Prepubescence je období mladšího školního věku, které je členěno na dva biologické a psychologické stupně a to 6-8 let a 9-11 let. Puberta je řazena jako období staršího školního věku, období pohlavního dospívání. Toto období ontogeneze začíná u dívek menarché ve věku 10-12 let a u chlapců první polucí ve věku 11-13 let, trvá do věku 15-16 let a přechází do adolescence. Autoři se však v těchto údajích značně liší (Bitar et al., 2000, p. 157; Magarey et al., 1997, p. 139; Kolář et al., 2009, s. 119; Čelikovský et al., 1990, ss. 38, 42; Spear, 2000, p. 419; Haywood, Getchell, 2009, p. 57). Významnou roli v nástupu puberty hraje kvalita výživy, fyzické zatížení a eradikace závažných dětských onemocnění. Zlepšení všech těchto podmínek umožnilo postupný nárůst výšky dnešní populace a posun začátku puberty k nižší věkové hranici. Před více, než sto lety byla průměrná výška o 10 cm nižší a věk menarché se posunul ze sedmnácti let na třináct let. (Kučera, Kolář, Dylevský, 2011, s. 4). WHO klasifikuje období dospívání jako období nastupující po dětství a přecházející do dospělosti tedy od 10 do 19 let.

Biologické procesy řídící růst a vývoj spolu s nástupem puberty ohraničují období mezi dětstvím a dospělostí. Puberta je termín vymežující fyziologické a biologické změny organismu, které jsou vyvolány nervovými podněty a hormonálními změnami (Malá, Klementa, 1985, s. 57).

3.1 Změny v období puberty

V pubertě se odehrávají významné změny somatického schématu jedince a jeho fyziologie. Začátek změn období puberty je v hypothalamu mezimozku, kdy hypofýza začíná na podkladě spouštěčů z hypothalamu uvolňovat gonadotropní hormony, které zvyšují hladinu pohlavních hormonů (Malá, Klementa, 1985, ss. 57-60). Nejranější změnou v období puberty je vzrůst sekrece hormonů z nadledvinek = adrenarche a gonadarche. Hlavními hormony ovlivňujícími pubertu jsou testosteron a dihydroepiandrosteron/estradiol a estrogen. Vzrůst jejich hladin spouští re-aktivaci osy hypothalamus – hypofýza – gonády (Goddings et al., 2014, p. 246; Blakemore, Burnett, Dahl, 2010, p. 927; Spear, 2000, p. 435). Hormonální změny lze posoudit také dle dynamiky 17 ketosteroidů v moči, jejichž hodnoty jsou minimální během dětství, vzrůstají v pubertě a dospělých hodnot dosahují u dívek mezi 15. - 16. rokem a u chlapců okolo 20. roku. Produkce androgenů je spojena s růstem kostí, obsahem kostních minerálů, hustotou, s přírůstkem svalové hmoty a rozvojem sekundárních pohlavních znaků (Spear, 2000, pp. 434-435). Důležitým znakem pro

ukončenou fází puberty je srůst hlavice a těla záprstního článku palce (Malá, Klementa, 1985, s. 70). Rozvojem primárních a sekundárních pohlavních znaků vzrůstají rozdíly mezi pohlavími, spojené také se změnou distribuce, poměrů a uložení tukové a svalové hmoty (Magarey et al., 1997, p. 139). V pubertálním růstovém spurtu ukazují studie signifikantní hodnoty a rozdíly v přírůstku tělesné hmotnosti mezi 10. až 13. rokem (Bitar et al., 2000, p. 161). Růst dlouhých kostí je přibližně do deseti let shodný u dívek i chlapců. Největší rozdíly v růstu humeru mezi pohlavími je ve věku 12 let. Vrchol růstu humeru u dívek je v období 11. roku, u chlapců okolo 13. roku. U femuru jsou hodnoty podobně. Podobnou délku má u obou pohlaví do 10. let, pak se rozdíl zvětšuje. U dívek roste femur nejrychleji v 10. roce let, u chlapců ve 13 letech (Smith, Buschang, 2005, pp. 734-736). Hormonální působení ovlivňuje také vlastnosti vazů, kdy největší protažitelnost a pružnost je v období předškolním a puberty. V tomto období je možné vyvolat pohyby, které přesahují běžný fyziologický rozsah (Dylevský, 2007, p. 90). Somatické znaky jsou u této věkové kategorie podstatnou složkou tělesné zdatnosti a ukazatelem zdravotního stavu. Utváření tělesných parametrů a konstituce může být kladně nebo záporně ovlivněno pravidelnou pohybovou aktivitou, která ovlivňuje zvláště v tomto období index kostní denzity a růst kostí (Lehnert, Přidalová, Mráčková, 1999, p. 345).

3.2 Změny v limbickém systému

Amygdala a hippocampus, které ovlivňují především emoční stav a náladu, rostou mezi 7.-20. rokem života, zatímco objem corpus striatum, caudate, putamen a globus pallidus klesá, které ovlivňují rozhodování a potřebu ocenění (Goddings et al., 2014, p. 242). Zvýšení koncentrace testosteronu v poslední fázi puberty vede ke zvětšení objemu amygdaly a zmenšení objemu hippocampu. Pozitivní korelace nalezneme také mezi poklesem objemu amygdaly a nárůstem úrovně testosteronu u dívek (Bramen et al., 2010, pp. 639-640). Během adolescence dochází k dysbalanci mezi dřívějším dozráváním limbického systému a pozdějším dozráváním funkčních výkonných frontálních systémů. Objem bílé hmoty roste lineárně s věkem a její růst v jednotlivých lalocích není signifikantně rozdílný. Růst šedé hmoty je nelineární a regionálně specifický. Ve frontálním laloku má maximum objemu v 11. roce, v parietálním laloku v 10. roce, maximum pro temporální lalok u dívek je téměř v 17 letech, objem šedé hmoty v okcipitálním laloku pak u dívek i chlapců roste lineárně. Po těchto maximech pak následuje postpubertální pokles objemu (Giedd et al., 1999, pp. 861-862). V období mezi 10. až 18. rokem života dochází k redukci šedé hmoty ve

frontální a parietální kůře (Giedd et al., 2009, p. 1; Witford et al., 2007, p. 229; Bramen et al., 2011, p. 643). Tato redukce není způsobená smrtí neuronů, ale eliminací přirozené nadprodukce synapsí a jejich sítí asociovaných vláken díky hormonálním vlivům (Purves in Whitford et al., 2007, pp. 229; Bramen et al., 2011, p. 643). Třetím významným procesem je nárůst bílé hmoty v tomto období, zvláště v oblasti frontálních laloků a hippocampu a vzrůst axonální myelinizace (Spear, 2000, p. 439; Giedd et al., 2009, p. 1). Tato myelinizace je spojena s rozvojem jazyka a paměťových schopností v adolescenci (Nagy, Westerberg, Klingberg, 2004, pp. 1227-1228). Okolo 11. roku dosahuje synaptická hustota dospělých hodnot (Godoi, Barela, 2007, p. 24). Dochází k remodelaci prefrontální kůry. Manifestace těchto změn v chování velmi úzce souvisí právě v tomto období na sociálním kontextu a prostředí (Giedd et al., 2009, p. 1). Prepubertální děti (7-12 let) ukazují větší prefrontální aktivitu, během probíhajících úkolů, než mladí dospělí (21-24 let). U dospívajících byla zjištěna větší aktivita amygdaly, než prefrontálního laloku během plnění úkolů. U dospělých zase větší aktivita prefrontálního laloku (Spear, 2000, p. 439). Myelinizace zrakové dráhy je dokončena kolem dvou let a retina dozrává po čtvrtém roce, zatím co vizuální kortex se morfologicky vyvíjí do 11. roku, ale metabolicky až do 18. roku (Bracelj, 2003, p. 220-221). Stupeň utilizace glukózy v mozku vzrůstá do čtyř let, do 10 let je udržována na těchto hodnotách. Pokles na dospělé hodnoty je mezi 16. až 18. rokem (Chugani, 1998, p. 185-186).

4 Vývoj posturální kontroly během dospívání

Prepubertální fáze a puberta jsou období, během kterých prochází postura mnoha úpravami a adaptacemi díky tělesným změnám a náročným psychosociálním faktorům. Mezi 7.-12. rokem podstoupí dětská postura velkou přeměnu vedoucí k dosažení balance shodné s novými tělesnými proporcemi (Penha et al., 2005, p. 9). Vlivem změny pákových a objemových poměrů tělesných segmentů dochází k celkovému zhoršení úrovně motoriky. Mění se tělesné proporce zhoršují sebevnímání a kontrolu pohybu (Křištofič, 2006, s. 13).

Postura je aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil, z nichž nejdůležitější je síla tíhová. K provedení jakéhokoliv pohybu a zaujetí jakékoliv pozice je nutné zaujetí a udržení optimální postury. Postura je ale držení aktivní řízené dle CNS podle určitého programu a realizované anatomicky definovaným pohybovým systémem při respektování biomechanických principů (Vařeka, 2002, s. 116). Posturální kontrola je komplexní multisenzorický děj probíhající na základě informací ze tří neodlučitelných systémů vestibulárního, vizuálního a somatosenzorického. Řídícím mechanismem posturální kontroly je CNS (mozek a mícha), příjem informací je zajištěn senzorkým systémem a efektoem je kosterní svalovina (Vařeka, 2002, ss. 115-116). S postupným vývojem CNS dochází u dětí v jednotlivých obdobích postupně ke schopnosti integrace podnětů z jednotlivých systémů (Horak, 2006, p. 9; Godoi, 2007, p. 78) a jejich organizace. Senzorická organizace je schopnost vybrat z množství redundantních senzorkých vstupů ten senzorký systém, který poskytuje nejpřesnější informace pro udržení postury. Jedna z možností říká, že právě díky zvládnutí této schopnosti dochází ke zlepšení posturální kontroly během vývoje (Westcott, Lowes, Richardson, 1997, p. 631; Bair et al., 2007, pp. 8-9; Forssberg, Nashner, 1982, p. 551). Senzorická integrace pak schopnost získané informace z jednotlivých senzorkých vstupů asociovat s informacemi z dřívějších zkušeností, vzpomínek a znalostmi (Ferber-Viart et al., 2007, p. 1042).

Ve vývoji posturální kontroly je důležité umístění COP vzhledem ke kontrole COM ze dvou důvodů. Prvním je schopnost kontrolovat pohyb COP k cíli (úkol), druhým je schopnost vnímání chyby ve vzájemné poloze COP a COM a nastavení optimálního cíle pro COP a tím nepřímo pro COM. Děti využívají primárně balistickou strategii – provedení velkých, rychlých korekcí COP k udržení COM. Starší děti (8-9 let) začínají využívat senzorký feedback, který dovolí preciznější cílení COM projekce uvnitř báze opory. Po zdokonalení balistické strategie následuje přechodná perioda omezení základu feedback kontroly (Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2001, pp. 420-421).

4.1 Funkční principy prostorové organizace

Během ontogenetického vývoje posturální stability se v jednotlivých obdobích objevuje a následně střídá v míře zastoupení využívání dvou hlavních funkčních principů prostorové organizace. První princip je založen na výběru různého stabilního referenčního rámu (systému), na kterém je vystavěna kontrola rovnováhy. Druhým principem je schopnost postupného ovládnutí stupňů volnosti různých kloubů těla a zvládnutí jejich koordinace. Druhý princip je dále spojen s určitými mody, které popisují, jak tělo řeší zapojení kloubů těla během posturálně nových nebo složitých situací. Jedna se o modus en Block a vyšší segmentový (kloubní) model. Během růstu a vývoje se směrem k dospělosti zlepšuje výběr účinnějších segmentálních stabilizačních strategií, které tak umožní posun k vyšším, efektivnějším strategiím kontroly (Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, pp. 1-13; Assaiante, Amblard, 1995, pp. 16-19). Tyto dva mody pracují během ontogeneze se střídavou dominancí v typických obdobích

Během čtyř period ontogenetického vývoje se střídají dva hlavní směry kontroly balance – ascendentní a descendentní dočasná organizace a dva mody stabilizace funkční jednotky hlava-trup a to en Block a segmentový modus. Změny v zastoupení modů a směrů posturální kontroly závisí na tom, jak jsou děti ve vývojových obdobích schopny zpracovat a využít informace z jednotlivých sensorických vstupů, postupně je integrovat a organizovat (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 19-23). U novorozenců a kojenců probíhá vývoj posturální odpovědi cephalocaudálním směrem. Nejprve se tedy objevuje kontrola šijového svalstva, poté trupu a nakonec DKK. Assaiante a Amblard prezentují ontogenetický kvalitativní model kontroly balance. Ten vzniká a funguje současně s rovnovážnými strategiemi během, pro dítě posturálně náročných úkolů, tedy během učení se nových dovedností. Zahrnuje dva funkční principy. První je stabilní referenční rámec (stable reference frame). Zahrnuje předpoklad, že všechny posturo - kinematické aktivity mohou být provedeny buď na bázi podložky, na které subjekt stojí nebo na bázi gravitace, kdy každá z těchto možností je referenčním rámem pro budování postury v dané situaci. V případě podložky probíhá kontrola balance ascendentní organizací. Podložka se nehýbe a subjekt nedělá úkroky mimo podložku. Balance je tedy dočasně organizována buď během statického stoje od nohou k hlavě, nebo během lokomoce z kyčlí k hlavě. Pokud je stabilním referenčním rámem gravitace, je kontrola balance dočasně organizována descendentně, od hlavy k nohám. Pohybuje se tedy buď podložka, nebo subjekt. Studie Assaiante a Amblarda na dospělých potvrdila, že orientace hlavy a upřený pohled vpřed mohou opravdu poskytnout stabilní referenční hodnotu, kolem které může být vystavěn

pohyb a (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 16-18; Massion, 1992, p. 36). V tomto případě gravitace, jako volby referenčního rámu, je nutné stabilizovat nejméně jeden anatomický segment, který se pak stává referenční hodnotou. Výběr tohoto segmentu závisí na náročnosti úkolu. Může to být kyčel na úrovni COG nebo hlava, která nese vestibulární systém (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 13-39; Massion, 1998, p. 466). Druhým funkčním principem je schopnost dítěte zvládnout kontrolu různého počtu stupňů volnosti během pohybu. Rozlišujeme model en Block a segmentový model (Bernstein in Assaiante, Amblard, 1995, p. 17; Assaiante, Amblard, 1995, pp. 16-18; Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2001, p. 429).

4.2 Modus segmentové a en Block posturální strategie

Lidské tělo je při vzpřímeném stoji tvořeno superponovanými segmenty, kdy každý z těchto segmentů má vlastní centrální a periferní regulaci a tak může být regulován nezávisle na ostatních (Massion, 1992, p. 37). Hlava nese vestibulární a vizuální senzory. Jednou z možností stabilizace hlavy při změně posturálních podmínek je minimalizovat pohyby hlavy indukovaním oscilací trupu. Zpracovat tedy sensorický feedback z hlavy nutný pro udržení balance. Při strategii en Block dochází ke stabilizaci hlavy a zablokování struktur v oblasti krční páteře (Assaiante, Amblard, 1995, p. 17). Důvodem této strategie je dle Vařeky snaha CNS omezit množství sensorických informací přicházejících do CNS. Omezením stupňů volnosti dojde současně k omezení počtu segmentů. Není tak třeba korigovat jejich vzájemné postavení a CNS není zahlcena sensorickými informacemi, které ještě neumí integrovat a plně využít a které její funkci pouze zpomalují (Vařeka, 2002, s. 126). Při strategii segmentové je hlava stabilizována v prostoru a struktury v oblasti krční páteře jsou volné (Assaiante, Amblard, 1995, p. 17). Pro rozlišení těchto dvou strategií při pohybech jednotky hlava-trup je využíván anchoring index

4.3 Periody vývoje posturálních strategií během ontogenetického vývoje.

Během ontogenetického vývoje byly na základě změn ve využívání různých strategií nastíněny čtyři periody vývoje posturální kontroly (viz. obr. 1, s. 24). První perioda zahrnuje novorozenecké období až po dosažení samostatného stoje (Assaiante, Amblard, 1995, p. 20). Vývoj v této periodě probíhá cephalocaudálním směrem (Woollacott, Shumway-Cook, 1990, p. 806). Objevuje se nejprve kontrola svalů krku, pak trupu a nakonec nohou. Při dosažení sedu se dítě poprvé dostává do situace, kdy kromě hlavy musí kontrolovat současně také trup. Kontrola těžiště se stává dvousegmentová a to v kontrole hlava-trup. Schopnost kontroly

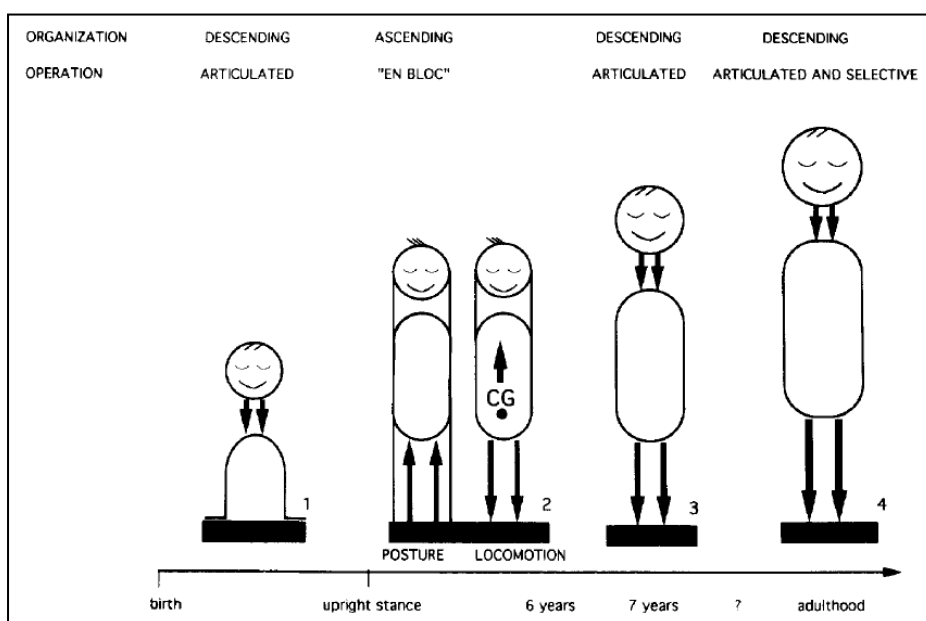
stupňů volnosti různých segmentů těla je charakterizována využíváním segmentového funkčního principu pro funkční jednotku hlava-trup.

Druhá perioda je obdobím od získání vzpřímeného stoje do šestého roku a zahrnuje také samostatnou chůzi. Organizace kontroly balance je ascendentní. Při stoji je směřována od DKK k hlavě, při chůzi od kyčlí k hlavě. Je spojena s modem en Block pro organizaci funkční jednotky hlava-trup, díky které dochází k minimalizaci stupňů volnosti.

Od sedmi let do vyššího, dosud neohrazeného, věku trvá perioda třetí, charakterizovaná návratem segmentového funkčního principu při ovládnutí funkční jednotky hlava-trup. Tímto je zajištěna stabilizace hlavy pro dočasnou descendentní organizaci během kontroly balance.

Čtvrtá perioda je dosažena během dospělosti. Kombinuje hlavní rysy 3. periody a nové možnosti operací funkční jednotky hlava-trup v segmentovém modu, se selektivní kontrolou stupňů volnosti v krční oblasti (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 20-23). U dospělých nacházíme jak ascendentní, tak descendentní organizaci a jejich kombinaci. Výběr pro aktuální situaci závisí na specifických daného úkolu a jeho náročnosti. Při posturálně náročných balančních úkolech je dominantní descendentní strategie (Hatzitaki, et al. 2002, p. 168).

Obrázek 1



Ontogenetické schéma organizace posturo-kinetických aktivit (Assaiante, Amblard, 1995, p. 19)

4.4 Somatosenzorické a vizuální podněty

Děti i dospělí využívají zrak, vestibulární systém a propioceptivní informace ke kontrole své postury, ale vzájemný podíl těchto složek je v průběhu ontogeneze rozdílný. U dětí ve věku 4 měsíce až 2 roky je kontrola postury závislá nejvíce na vizuálním systému. Dle Hirabayashi a jeho studie na posturografu, kde byl použit SOT, děti ve věku 3 let začínají využívat somatosenzorické informace a okolo 6. roku se dostávají v jejich využití na úroveň dospělých (Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 111-113). Peterka a Black posouvají tuto hranici až do adolescence okolo (Peterka, Black, 1989, p. 14). Vizuální funkce se vyvíjejí pomaleji. Až adolescenti ve věku 14 až 15 let měli stejnou úroveň využití vizuálních informací. Schopnost využití informací z vestibulárního systému se vyvíjí nejpomaleji, adolescenti okolo 14 - 15 let ještě nedosahovali úrovně dospělých (Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 111-113). Věk, kdy přichází schopnost multisenzorické integrace a zvládnutí konfliktu podnětů ze dvou systémů se dle autorů různí. Haas uvádí, že v 7-10 letech jsou děti již schopny vyřešit senzoričtý konflikt informací ze somatosenzorického a vizuálního systému (Haas, 1986, pp. 127-132). Ferber-Viart uvádí ve studii, že děti ve věku 12-14 let ještě nejsou schopny zpracovat klamné vizuální informace (Ferber-Viart et al, 2007, pp. 1041-1045). U mladších dětí pak při konfliktu senzoričtých podmínek dochází ke ztrátě rovnováhy (Forssberg, Nashner, 1982, pp. 545-552). Naopak Kirschenbaum uvádí, že posturální stabilita se vyvíjí do 10. roku života (Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2001, pp. 420-431). Některé studie se shodují, že přechod k dospělému typu statických balančních reakcí není ještě ve 12 letech kompletní (Cumberworth et al, 2006, p. 544; Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, p. 2; Ferber-Viart et al., 2007, p. 1045; Olivier, Palluel, Nougier, 2008, p. 341; Cherng, Lee, 2003, p. 512). Naopak Hatzitaki ve studii ukazuje, že chlapci ve věku 11 - 13 let jsou schopni použít různé balanční strategie stejně jako dospělí a integrovat tak informace ze všech tří systémů (Hatzitaki et al, 1995, pp. 111-113). Peterka a Hirabayashi prokázali, že děti ve věku 15 let vykazují při dostupnosti informací ze všech systémů velikost posturálních titubací srovnatelný s dospělými (Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 111-113; Peterka, Black 1989, p. 14).

Zrak hraje důležitou roli v nejranějších obdobích vývoje a v dětském věku při statické kontrole balance. Senzitivita na informace z periferních dynamických struktur vzrůstá u dětí při osvojování nových dovedností – sed bez opory, stoj a počátky chůze. Počátky chůze v dětském věku jsou mnohem více ovlivněny zrakovými podněty, než je tomu u dospělých při chůzi (Lee, Aronson in Wollacott, Shumway-Cook, 1990, pp. 803-804). Jedním z možných důvodů je, že malé děti učící se chodit získávají chudší informace z kotníků a nohou, než

dospělí, protože ještě neměly možnost kalibrace nebo seřízení těchto informací pro použití při udržování balance (Woollacott, Shumway-Cook, 1990, p. 803). Zrak ve vnímání převládá během přechodných period, kdy si dítě zároveň osvojuje nové dovednosti. Tato převaha vizuálních informací trvá až do šestého roku, kdy má své maximum. Další maximum je mezi 14. a 15. rokem (Assaiante, 1998, pp. 529-530; Assaiante, Amblard, 1995, p. 24; Assaiante in Fedrizzi, 1994, p. 92). V adolescenci pak vizuální vstupy představují první sensorický referenční rám pro organizaci posturální kontroly, který není ovlivněn muskuloskeletálním růstem (Lee, Aronson, 1974, p. 529). Poté dochází k poklesu závislosti a podíl vizuálních informací na kontrole balance dále negativně koreluje s věkem (Forsberg, Nashner, 1982, p. 551; Verbert-Viart et al., 2007, p. 1043).

Díky růstu těla během dětského věku a dospívání, jsou informace z periferních vizuálních vstupů poskytující exteroceptivní informace o prostředí, nejspolehlivějším zdrojem percepčních informací o balanční kontrole. S dětským věkem dále souvisí osvojení přesnosti a soudržnosti (konzistence) očních pohybů, které jsou nutné pro schopnost správně interpretovat a využít periferní vizuální podněty. U menších dětí není celý tento proces ještě plně dokončen, proto děti ve věku 6-7 let spoléhají více na vestibulární informace o momentální pozici hlavy (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 27-28). Přínos periferního vizuálního systému vzrůstá v kontrole balance od 8-9 let k dospělosti (Assaiante, 1998, p. 28). U dospělých pak hrají periferní vizuální podněty specificky důležitou roli (Hatzitaki et al., 2002, p. 167).

V klidném stoji s otevřenými očima vykazují děti ve věku 4-6 let statisticky významně vyšší postural sway než starší děti a dospělí. V situaci se zavřenými očima se postural sway této skupiny zvýšil nejvíce oproti starším dětem a dospělým. Při rotaci podložky s otevřenými očima vykazuje tato věková skupina velkou stabilitu, avšak při rotaci podložky se zavřenými očima posturální situaci balančně nezvládly a následoval pád. Nejrychlejší aktivaci posturální odpovědi vykazovaly děti ve věku 7-10 let (Woollacott, Shumway-Cook, 1990, pp. 803-804).

Kirschenbaum udává, že posturální stabilita se vyvíjí do 10. roku života (Kirschenbaum, 2001, p. 420). Dle jiných studií není dospělých hodnot postural sway dosaženo ještě ani mezi 12.-14. rokem (Ferber-Viart et al., 2007, p. 1043; Hirabayashi, Yuuji, p. 113). Jiní autoři tento milník na základě studií zasazují do věku 12 let (Peterson, Christou, Rosengren, 2006, p. 463). Zlepšení posturálních funkcí je rostoucí veličina definovaná amplitudou, velikostí a frekvencí posturálních titubací. Posturální oscilace klesá s rostoucím

věkem (Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2001, p. 420; Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, p. 1). Pro vývoj posturální kontroly je důležitý vztah COM a COP. Spolu s vývojem a cílenějším využíváním somatosenzorických, senzitivních a vestibulárních informací se vyvíjí a zdokonaluje také schopnost kontrolovat pohyb COP k cíli a dále vnímání chyby mezi COM a COP (Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2001, p. 421). Děti kolem 12. roku ještě nejsou schopny využít somatosenzorické vstupy k limitování body sway, který je produkovaný jako reakce na vizuální podněty, na stejné úrovni, jako dospělí. Předpokládá se, že sensorická integrace somatosenzorických vjemů ještě není v tomto věku zcela vyzrálá (Sparto, 2006, p. 509-512). Spojení mezi tímto adaptivním mechanismem výběru vhodného sensorického vstupu ze všech přijímaných a anticipačního procesu vyžaduje sofistikovaný vnitřní model, který může předvídat sensorické souvislosti vlastního pohybu (Bair, et al., 2007, p. 3). Při Rombergově stoji I bylo experimentálně prokázáno snížení amplitudy, průměrné rychlosti COP mezi skupinou ve věku 4-5 let a 6-7 let. Ve věku 6-11 let bylo dosaženo plateau a následovalo snížení těchto parametrů ve věku 10-11 let a v dospělosti (Olivier, Palluel, Nougier, 2008, pp. 343-344).

Ve studii Ferber-Viarta bylo při testování SOT prokázáno statisticky významné vizuální skóre u dětí 6-8 a 10-12 let oproti skupině 12-14 let a 20 let. Vizuální preference byla statisticky významně nižší u skupiny 6-8 let proti skupině ve věku 10-12 let. U dětí ve věku 12-14 let bylo prokázáno nižší ES, než u dospělých. Studie potvrdila, že přechod k dospělému typu balančních reakcí není ještě ve dvanácti letech kompletní (Ferber-Viart et al., 2007, pp. 1043-1046; Cherng, Lee, Su, 2003, p. 512). Cherng ve své studii dále uvádí vyšší frekvenci v A-P směru při podmínce zavřených očí oproti očím otevřeným pouze u mladých dospělých, nikoliv u dětí. Titubace v A-P směru pak signifikantně souvisí s délkou chodidla a výškou subjektu (Cherng, Lee, Su, 2003, pp. 512-513). Jiné studie prokazují, že jsou signifikantní rozdíly v ES mezi věkovými skupinami 7-8 a 11-12 let. Přičemž děti, ve věku 12 let již dosahovaly hodnot porovnatelných s dospělými a vykazovaly také využití vestibulárních informací na úrovni dospělých (Peterson, Christou, Rosengren, 2006, p. 463).

4.5 Open-loop a closed-loop strategie

Klidný stoj je kontrolován sensorickým feedbackem na bázi closed-loop systému, ve kterém se COP pohybuje ve fázi s COM. Ke kontrole je potřebná integrace vizuálních a proprioceptivních inputů. Rovnováha v dynamických podmínkách úkolu vyžaduje použití feedforward kontroly. Posturální disturbance jsou tak předvídané a výsledkem těchto předpokladů je anticipatorní posturální nastavení (APAs), které umožňuje iniciátorovi udržet stabilitu (Massion, 1992, pp. 36-40). V období 7-8 let se začínají objevovat posturální strategie velmi podobné těm dospělým. Začínají se objevovat anticipatorní strategie otevřených smyček (open-loop strategy), tedy feedforward. Je spojena s vytříbením lokalizace a stupně svalové aktivity a změnách ve strategiích a modech posturální kontroly. Změny ve schopnosti využívat vizuální informace jsou považovány za zdroj feedbacku pro posturální regulaci projevující se v pokroku od balistických strategií (open-loop) s velkými a rychlými korekcemi, které však mohou být uplatněny až po průběhu pohybu ke komplexní integraci open-loop a closed-loop modu kontroly, která umožňuje krátké, opravné pohyby (exkurze COP) s vysokou frekvencí již během provádění pohybu a tím k účinnější posturální kontrole (Rival, Ceyte, Olivier, 2005, p. 133; Vařeka, 2002, s. 122). Naopak feedback kontrola je charakteristická pro děti pod 6 let a koresponduje se vzestupnou organizací posturální kontroly (Riach, Starkes, 1994, pp. 167-168). Pro nastavení COP ke kontrole COM během pohybu je nutná schopnost kontroly COP k danému cíli a rozpoznání rozdílu mezi COP a COM při dosahování tohoto cíle a vyhodnotit optimální nastavení COP a nepřímo tedy i COM. Použití rychlých balistických pohybů COP je krátkodobě funkční, ale méně přesné. Pomalé sensoricky monitorované pohyby COP jsou více přesné, ale jejich nástup je pomalejší. Klíčový indikátor strategie posturální kontroly je rychlost COP pohybů. Malé děti využívají primárně balistické strategie vysoké rychlosti, s velkými korekcemi COP k udržení COM uvnitř báze opory (Riach, Starkes, 1994, pp. 169-170). Okolo věku 8-9 let je předpokládán progres k integraci modu open-loop a closed-loop, tedy využití přesnějšího provedení krátkých, častějších exkurzí k udržení posturální kontroly. Integrace balistické a online feedback informací vede k nelineárnímu postupu kvalitativních změn v pohybových vzorech. Jako první se tedy během ontogenetického vývoje objevuje v kontrole balance feedback (15-31 měsíců), kdy studie ukazují na schopnost synergií spouštěných sensorickými perturbacemi. Mladší děti využívají sensorický feedback, ale vzhledem k využívané balistické strategii v tomto věku a neschopnosti využít feedforward a tedy integrovat aktuální sensorické informace vede ke zlepšení v cílení pohybů a jejich preciznosti pouze v rámci balistické

strategie. (Riach, Starkes, 1994, pp. 169). Schopnost dětí využít feedforward kontrolu a iniciovat APA závisí na schopnosti kontroly gravitace, vnitřních sil a na nezávislosti pohybu hlavy na trupu. Ta se objevuje mezi 6-10 lety (Assaiante, 2011, pp. 2-4).

4.6 Postup k dospělému modelu posturální kontroly

Od 4 měsíců do 2 let jsou děti při udržování balance závislé na zraku. Ve věku 3-6 let začínají využívat somatosenzorické informace (Westcott, Lowes, Richardson, 1997, p. 631), od 4 let se objevuje regrese - větší variabilita strategií s delšími latencemi, regrese pak mizí kolem 7. roku a klesá až do 10. roku (Woollacott, Shumway-Cook, 1990, p. 58; Westcott, Lowes, Richardson, 1997, p. 436). V období 7- 10 let jsou schopny řešení senzoričného konfliktu a začínají využívat vestibulární vstupy jako referenční hodnotu (Westcott, Lowes, Richardson, 1997, p. 631; Forssberg, Nashner, 1982, p. 551). Období 7-8 let je charakterizováno jako období přechodné, kdy se mění modus posturální kontroly (Rival, Ceyte, Olivier, 2005, p. 135; Riach, Starkes, 1994, p. 169). Obecně mají děti do 7-10 let vyšší hodnoty postural sway, než dospělí (Woollacott, Shumwa-Cook, 1990, p. 58; Ferbert-Viart et al., 2007, pp. 1043-1045; Riach, Starkes, 1994, p. 169). U dětí mladších 7 let převládá balistická (open-loop) strategie, feedback se vyvíjí dříve, než feedforward, ale jeho vývoj není plně dokončen ve chvíli, kdy nastupuje také feedforward kontrola (Hay, Redon, 1999, p. 160; Haas in Westcott, Lowes, Richardson, 1997, p. 631). Od šesti až sedmi let začínjí děti zařazovat také closed-loop strategii v kombinaci s balistickou strategií (Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2000, p. 428; Rival, Ceyte, Olivier, 2005, p. 134). V posturální stabilizaci jednotky hlava-trup převažuje do šesti let modus en Block, pakje pomalý návart k segmentálnímu modelu a postupně dochází ke schopnosti kombinace obou modelů, tak jak jsou zvládnuty v dospělosti (Assaiante, 1998). Při destabilizaci děti využívají více krokové změny, než plynulé korekce v základním postavení (Kirschenbaum, Riach, Starkes, 2000, p. 429). Do 12 let nejsou děti schopny k limitaci titubací generovaných dynamickým vizuálním podnětem využít somatosenzorické inputy stejně jako dospělí. Integrace somatosenzorických informací se v tomto věku ještě vyvíjí (Sparto, 2006, p. 513). Děti do desti let nejsou schopny použít segmentální stabilizaci stějně úspěšně jako dospělí (Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, p. 11). Dochází k integraci obou posturálních strategií (Riach, Starkes, 1994, p. 169). V období 14 - 15 let je již prokázána schopnost stejné míry využití vizuálních informací jako u dospělých, u vestibulárních informací toho ale ještě dosaženo nebylo (Hirabayashi, Yuuji, 1995, p. 112).

5 Základní pohybové schopnosti v období adolescence

Akcelerace rychlostních schopností a tedy nejvhodnější období pro trénink těchto schopností, se u dětí objevuje nejvíce mezi 8. - 13. rokem. Vytrvalostní schopnosti je vhodné cíleně rozvíjet až v období konce staršího školního věku. Naopak obratnostní schopnosti se nejlépe rozvíjejí mezi 7-12 lety. Děti se v tomto věku učí rychle nové pohyby, věk 8 - 10 let také nazýváme zlatým věkem motoriky. Pohyblivost se zvyšuje nejvíce mezi 8- 12 lety. V období puberty a po ní se zvyšuje pevnost kloubního pouzdra (Kučera, Kolář, Dylevský, 2011, s. 119). V období puberty si organismus opětně osvojuje známé pohyby za kvalitativně a kvantitativně jiných podmínek. Období je charakteristické schopností svalové přestavby na základě jednostranného přetížení nebo z nedostatku stimulace (Kučera, Kolář, Dylevský, 2011, s. 19).

6 Faktory ovlivňující posturální kontrolu v adolescenci

Puberta je kritické období díky růstové akceleraci, hormonálním a dalším somatickým změnám. Především také díky manifestaci řady patologických syndromů, mezi které můžeme zařadit skoliozu, morbus Scheuermann, morbus Osgood-Schlatter, juvenilní hypertenze, výživové poruchy (Kučera, Kolář Dylevský, 2011, s. 18).

6.1 Vliv pravidelné sportovní aktivity

Počet naučených dovedností, jejich kvalita a stabilita jsou ovlivněny šíří a úrovní obecné pohybové přípravy (Křištofič, 2006, ss. 15-16). Ne všechny sporty však vyžadují stejný stupeň posturální kontroly (Howerthon, 2013, p. 164). Garcia ve své studii porovnával kvalitu posturální kontroly u gymnastů s kontrolní skupinou rekreačně sportujících. Výsledky gymnastů byly signifikantně lepší. Jeho výsledkem také bylo, že pravidelný a systematický fyzický trénink zlepšuje posturální kontrolu (Garcia et al., 2010, p. 31). Podobnou studii publikoval Vuillerme, výsledky byly také signifikantně lepší pro gymnasty. Dalším závěrem také bylo, že dlouhodobý trénink zlepšuje schopnost propiocepce a posturální stabilitu (Vuillerme et al., 2001, pp. 86-87; Paterno et al., 2004, p. 307). Schmit naopak porovnával dvě skupiny sportovců – baletních tanečnicků a atletů v podmínkách stoje na pěnové podložce s alterací vizuálních podmínek a výsledky byly signifikantně lepší pro skupinu atletů (Schmit, Regis, Riley, 2005, pp. 371-376). Bright ve studii porovnávala posturální kontrolu gymnastek, volleybalistek a nesporthovkyň. Posturografické výsledky byly nejlepší pro gymnastky (Howerthon, 2013, p. 174). Kochanowicz a Kucharska se ve své studii zaměřili na mimo

skupiny sportovců, na děti s běžným počtem hodin tělesné výchovy ve škole. Zkoumali vliv přídatného balančního tréninku vždy před každou hodinou tělesné výchovy po dobu jednoho roku. Zkoumáno bylo 227 dětí ve věku 11-13 let, přibližně půlka dívek a půlka chlapců (Kochanowicz, Kucharska, 2010, pp. 87-88). Trénink byl zaměřen na několik oblastí od rovnováhy statické (stoj na jedné DK, aktivity ve dřepu) přes dynamické oblasti (různé typy běhů, skoků, obrátů) až ke cvičení s náčiním, ve dvojici, na nestabilní podložce nebo s doprovodem hudby. Děti byly po půlroce a roce testovány na tenzometrické plošině v Rombergově stoji a poté dle Iowa brace test. Výsledky ukazují signifikantní vliv aplikovaného balančního tréninku na zlepšení výsledků dětí. Studie také ukázala, jak důležitý je vliv školní tělesné výchovy, její variability a jejího správného vedení ve všech směrech motorického vývoje (Kochanowicz, Kucharska, 2010, pp. 88-90).

Specifické změny v senzomotorickém systému jako výsledek sportování jsou různé. Předpokládá se, že schopnost detekování změny v pozici kloubu se zlepšuje po obratnostním tréninku, kdy mechanismem pro tyto změny je zaměření pozornosti na biomechanické vstupy (kloubní zrychlení). Dalším mechanismem vedoucím ke zlepšení ke zlepšení neuromuskulární koordinace jsou tréninkové zkušenosti (Bressel et al., 2007, pp. 44-45). Craggs ve své studii ukazuje, že stupeň fyzické aktivity vykazuje pokles během postupu dětí z dětského věku k adolescenci. V období devátého roku vykazují dívky větší pokles fyzické aktivity, než chlapci. Ve věku 10 - 13 let se mu však tuto závislost nepodařilo prokázat (Craggs et al., 2011, pp. 648-654). Vývoj specializovaných dovedností je vysoce závislý na příležitostech k procvičování, povzbuzení a učení. K tomu je nutný pohyb (Kučera, Kolář, Dylevský, 2011, s. 19).

6.2 Vliv obezity

Studie zabývající se problematikou obézních dětí a adolescentů se dosti liší v závěru, zda obezita zásadně posturální kontrolu ovlivňuje. Studie Colného ukazuje, že při posturografických testech s modifikacemi zrakových podmínek nejsou rozdíly ve výsledcích obézních a neobézních adolescentů. Rozdíly se projevily až při alteraci somatosenzorických vstupů (Colné et al., 2008, pp. 166-168). McGraw naopak demonstroval pokles posturální stability u obézních oproti normálním prepubertálním chlapcům během klidného stoje (McGraw et al., 2000, p. 486).

Obezita je spojená s mnoha zdravotními komplikacemi (Baker, Olsen, Sørensen, 2007, pp. 2331-2335). Modifikuje však také tělesnou geometrii, způsobuje nárůst objemu hmoty

v určitých segmentech a dává funkční limitace biomechanického charakteru v ADL a může být také predispozicí ke zranění (Hue et al., 2007, p. 32).

7 Cíle a hypotézy

7.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je analyzovat kvalitu rovnovážných reakcí adolescentů v kontextu změny podmínek okolí z hlediska vývoje od starších dětí po dospělé jedince.

Dílčí cíle:

Posoudit rozdíly hodnot posturálních titubací prepubertálních dětí, adolescentů a dospělých.

Zhodnotit vliv alterace jednotlivých sensorických podmínek na hodnoty posturálních titubací u adolescentů.

Porovnat vliv sensorických alterací u adolescentů se změnami u prepubertálních dětí a dospělých.

Posoudit preference sensorických systémů ve zkoumaných věkových obdobích.

Porovnat dosažené parametry limitů stability adolescentů se skupinou prepubertálních dětí a dospělých.

Porovnat míru sensorického feedbacku adolescentů se skupinou prepubertálních dětí a dospělých.

Posoudit vliv výšky na hodnoty posturálních titubací.

7.2 Hypotézy

H₀1: Existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v hodnotách posturálních titubací měřených v klidném vzpřímeném stoji v šesti různých podmínkách:

- klidný vzpřímený stoj s otevřenýma očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenýma očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenýma očima, fixní podložka a pohybující se kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenýma očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenýma očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenýma očima, s pohybující se podložka a pohybující se kabina.

H_{A1}: Neexistuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v hodnotách posturálních titubací měřených v klidném vzpřímeném stoju v šesti různých podmínkách:

- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenými očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, fixní podložka a pohybující se kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenými očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, s pohybující se podložka a pohybující se kabina.

H₀₂: Neexistuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v posturální strategii použité v šesti různých alteracích klidného vzpřímeného:

- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenými očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, fixní podložka a pohybující se kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenými očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, s pohybující se podložka a pohybující se kabina.

H_{A2} : Existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v posturální strategii použité v šesti různých alteracích klidného vzpřímeného:

- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenými očima, fixní kabina i podložka,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, fixní podložka a pohybující se kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj se zavřenými očima, s pohybující se podložka a fixní kabina,
- klidný vzpřímený stoj s otevřenými očima, s pohybující se podložka a pohybující se kabina.

H₀3: Při stožení na jedné DK existuje rozdíl v rychlosti posturálních titubací s otevřenými a zavřenými očima mezi skupinou adolescentů, dětí a dospělých.

H_A3: Při stožení na jedné DK neexistuje rozdíl v rychlosti posturálních titubací s otevřenými a zavřenými očima mezi skupinou adolescentů, dětí a dospělých.

H₀4: V parametrech limitů stability existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými osobami.

H_A4: V parametrech limitů stability neexistuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými osobami.

H₀5: Ve využití sensorického feedbacku v antero-posteriorním směru není rozdíl mezi zkoumanými skupinami.

H_A5: Ve využití sensorického feedbacku v antero-posteriorním směru je rozdíl mezi zkoumanými skupinami.

H₀6: Ve využití sensorického feedbacku v latero-laterálním směru není rozdíl mezi zkoumanými skupinami.

H_A6: Ve využití sensorického feedbacku v latero-laterálním směru je rozdíl mezi zkoumanými skupinami.

H₀7: Existuje souvislost mezi výškou probanda a hodnotou posturálních titubací v klidném stožení a stožení na jedné DK.

H_A7: Neexistuje souvislost mezi výškou probanda a hodnotou posturálních titubací v klidném stožení a stožení na jedné DK.

H₀8: Je rozdíl v preferenci sensorických systémů u testu SOT mezi zkoumanými skupinami.

H_A8: Není rozdíl v preferenci sensorických systémů u testu SOT mezi zkoumanými skupinami.

8 Metodika

V rámci diplomové práce byla hodnocena kvalita posturálních funkcí prepubertálních a pubertálních dětí. Kontrolní skupinou byla skupina dospělých probandů. Děti i dospělí byli předem seznámeni s průběhem měření, o přesných pozicích, které mají děti během testování zaujmout. Rodiče byli poučeni o jistících pomůckách a zařízeních na přístroji zabraňující pádu. Všichni zákonní zástupci dětí podepsali informovaný souhlas s měřením a zpracováním dat (viz. příloha 4, s. 99). Před měřením byla probandům odebrána základní anamnéza ke zjištění vylučovacích kritérií, děti a adolescenti spolu s rodiči vyplnili dotazník (viz. příloha 5, s. 100). Jako metoda výzkumu byla zvolena posturografická analýza.

8.1 Charakteristika sledované skupiny

Soubor probandů pro experimentální část diplomové práce zahrnoval 22 dívek a 10 dospělých žen. Dívky byly rozděleny do dvou skupin a to do skupiny prepubertální, v níž dívky ještě nedosáhly menarché ($n = 11$), s průměrným věkem $8,9 \pm 1,1$ let, průměrnou výškou $136,45 \pm 9,7$ cm a průměrnou váhou $31,64 \pm 8,9$ kg (viz. příloha 1, s. 96) a skupinu pubertální, v níž u dívek menarché již proběhla ($n = 11$), s průměrným věkem $12,1 \pm 1,0$ let, průměrnou výškou $161,45 \pm 8,0$ cm a průměrnou váhou $61,6 \pm 7,5$ kg (viz. příloha 2, s. 97). V obou skupinách jsou zastoupeny pouze dívky. Do testovaných skupin byly zařazeny dívky a ženy s průměrnou fyzickou aktivitou během všedního dne. Největší fyzické zatížení pro zařazení do studie byly volnočasové sportovní aktivity, na druhé straně byla vyžadována alespoň minimální fyzická zátěž během týdne, bez započítání školní tělesné výchovy. Vyřazeny ze skupiny byly dívky podstupující intenzivní sportovní přípravu a provozující vrcholově jakoukoliv sportovní aktivitu. Kontrolní skupina se skládala z dospělých žen ($n = 10$) s průměrným věkem $24,3 \pm 1,1$ let, průměrnou výškou $170,80 \pm 5,0$ cm a průměrnou váhou $61,6 \pm 8,2$ kg (viz. příloha 3, s. 98). Dívky a ženy pro účast ve studii byly vybrány ze zdravé populace. Kritéria výběru byla následující: děti a dospělí bez kardiopulmonálních onemocnění, neurologických pohybových deficitů, bez koordinačních poruch, bez diagnózy závažných poranění pohybového ústrojí, psychických onemocnění, výživových a růstových poruch. Do experimentu nebyly zařazeny obézní děti a dospělí, ani děti a dospělí věnující se vrcholově jakémukoliv sportu.

8.2 Standardizace prostředí

Měření probíhala v odpoledních hodinách, od 13.00 - 18.00. Doba byla stanovena s ohledem na pracovní dobu rodičů a školní docházku dětí. Prostory pro měření se nacházely v kineziologické laboratoři katedry rehabilitace FZV UP, na Oddělení rehabilitace, ve 3. p Fakultní nemocnice Olomouc. Během všech měření byly dodržovány stejné podmínky - eliminace rušivých podnětů zvenčí, minimalizace pohybu cizích osob a zvukových podnětů, přítomnost rodiče u měření.

8.3 Metoda výzkumu

Jako objektivizační metoda byla vybrána dynamická počítačová posturografie (NeuroCom). Důvodem pro výběr je možnost zaměřením se na objektivní hodnocení dílčích aspektů posturální kontroly. Na základě výsledků odborných studií byly vybrány testy pro hodnocení dynamické a statické balance prostřednictvím izolace hlavní senzoričké, pohybové a vestibulární komponenty balance a jejich využití testovaným probandem.

Posturograf obsahuje dva moduly a to modul Smart Equitest System testující aspekty posturální kontroly během alterací stoje a modul Balance Master System testující aspekty posturální kontroly během alterací chůze. Pro testování aspektů posturální kontroly během alterací stoje byly vybrány testy Limits of Stability, Sensory Organization Test, Unilateral Stance a Rhythmic Weight Shift.

Test Limits of Stability (LOS)

Test hodnotí schopnost vyšetřovaného aktivně měnit polohu center of pressure (COP) předem vymezeným směrem pouze inklinací těla a udržet dosažené maximum, aniž by se změnila opěrná báze (viz. příloha 6, s. 101).

Testované parametry:

Reaction Time (RT) - informuje nás, jak rychle pacient zareaguje na zvukový signál znázorňující začátek testu. Hodnoty jsou v sekundách.

Movement Velocity (MVL) – průměrná rychlost COP [$^{\circ}$ /s] při dosažení vyznačeného bodu.

Endpoint Excursion (EPE) – bod, kam se vychýlí těžiště při prvním pokusu o dosažení limitů stability bez zaváhání [%].

Directional Control (DCL) – kontrola směru pohybu COP. Hodnoty ukazují procentuálně vyjádřenou vzdálenost od přímého směru. 100 % je přímý směr,

hodnoty pod 100 % vykazují odchylky od přímé trajektorie.

Maximum Excursion (MXE) – bod maximálního vychýlení COP v daném směru. Hodnoceno v procentech.

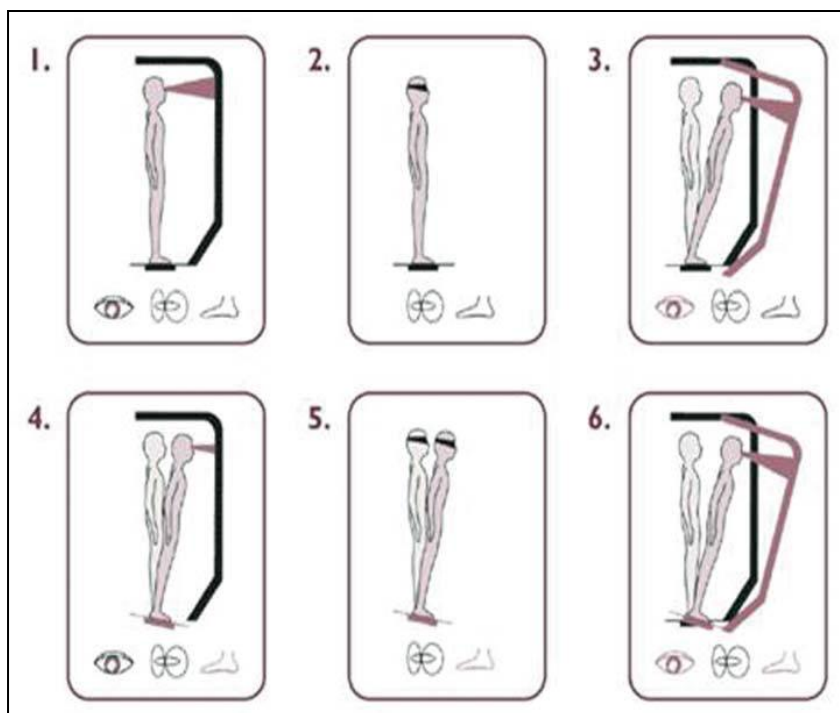
Při testu posouvá proband centrum gravitace směrem k bodu, který vidí na obrazovce. Bod se postupně nachází na různých osmi místech a k dosažení každého bodu je určen limit 30 s. Po zaznění zvukového signálu jsou probandi vyzváni k dosažení vyznačeného bodu v co nejkratším čase a co nejpřesněji a následně, aby v této maximální dosažené pozici (bodě) setrvali do zaznění dalšího zvukového signálu (Kolářová, 2012, s. 11; Tesio et al., 2013, pp. 364-369).

Sensory Organization Test (SOT)

Test hodnotí efektivitu stabilizace stoje v závislosti na změně senzoričkových vjemů k určení podílu vizuálního, vestibulárního a somatosenzoričkého systému na posturální stabilizaci ve vzpřímeném bipedálním stoji. Podložka a kabina rotují v sagitální rovině v poměru 1 : 1 ke spontánnímu antero-posteriornímu postural sway probanda. To poskytuje somatosenzoričkové nebo vizuální informace, které jsou v konfliktu s ostatními informacemi dostupnými s ohledem na vertikální orientaci (Rine, Rubish, Feeney, 1998, p. 17). Test probíhá v šesti různých situacích, vždy ve 3 opakováních, každý pokus trvá 20 s (viz. obr. 2, s. 30) :

1. otevřené oči, kabina i plošina jsou fixované v klidu,
2. zavřené oči, kabina i podložka jsou fixované v klidu,
3. otevřené oči, kabina je uvolněná, plošina fixovaná v klidu,
4. otevřené oči, kabina je fixovaná v klidu, plošina je uvolněná,
5. zavřené oči, kabina je fixovaná v klidu, plošina je uvolněná,
6. otevřené oči, kabina i plošina jsou uvolněny

Obrázek 2



Provedení Sensory Organization Test

(Pastucha et al., 2013, p. 231)

Výsledkem tohoto testu je rovnovážné skóre (Equilibrium Score), které je procentuálním vyjádřením stability. To hodnotí titubace (postural sway) center of pressure (COP) v průběhu testování. Čím je tato hodnota vyšší, tím je hodnocená posturální stabilizace lepší. Dalším výstupem je strategická analýza (Strategy Analysis), která informuje o poměru využití kotníkové a kyčelní strategie během vyšetření. Hodnoty blížící se 100 poukazuje na hlavní využívání kotníkové strategie, blízko k nule pak na hlavní využívání kyčelní strategie (Cohen et al., 1996, p. 41; Kolářová, 2012, s. 8). Posledním výstupem je smyslová analýza (Sensory Analysis), jejíž hodnoty jsou získány Romberg kvocientem a udávány v procentech z celkové hodnoty pro každý sensorický systém zvlášť. Analýza hodnotí míru využití jednotlivých sensorických systémů v posturální kontrole díky poměru hodnot ze základního prvního testu s otevřenými očima a nehybným prostředím s ostatními testy alterujícími jednotlivé systémy. Vzorec pro výpočet je následující: $(C2 / C1) \times 100$ - využití somatosenzorických vstupů, v grafu značeno SOM, $(C4 / C1) \times 100$ - využití vizuálních vstupů, v grafu značeno VIZ, $(C5 / C1) \times 100$ - využití vestibulárních vstupů, v grafu značeno VEST a $[(C3+C6) / (C2+C5)] \times 100$ - využití zraku, pokud je vstup neadekvátní, hodnotí sensorickou integraci (Faraldo-García et al., 2012,

p. 674). Pro základní postoj pro měření je na tenzometrické plošině značkami přesně vymezena plocha (průsečík modré linie a linie S, M nebo T), kde má proband v průběhu měření umístěna chodidla, protože měřené hodnoty jsou vztahovány k zadávané výšce a věku. Linie S je pro výšku probanda 76 - 140 cm, linie M 141 - 165 cm a linie T 166 - 203 cm. Rovněž zobrazené hodnoty normy na reportu jsou vztahovány k věku a výšce. Stoj je vzpřímený, proband se dívá před sebe, horní končetiny jsou volně spuštěny podél těla. Proti pádu je jištěn bezpečnostní vestou. Chodidla musí být v průběhu vyšetření celou plochou v kontaktu s podložkou (Kolářová, 2012, s. 8).

Test Unilateral Stance (US)

Test hodnotí posturální stabilitu během stoje na jedné dolní končetině. Nejprve je testován stoj na LDK s otevřenýma a poté se zavřenýma očima, následuje stejný postup měření pro PDK. Zdvižená DK je v 90° flexi v kyčelním a kolenním kloubu. Pokud jedinec položí flektovanou DKK v rámci udržení balance na více, než na 1 s na podložku, hodnotí se test jako pád (FALL). Každý pokus je opakován třikrát a trvá 10 s. Výstupem je průměrná rychlost posturálních výchylek (Sway Velocity) udávána ve stupních za sekundu (Kolářová, 2012, s. 10; Tesio et al., 2013, pp. 364-369).

Test Rhythmic Weight Shift (RWS)

Test hodnotí kvalitu balančních mechanismů při přenášení váhy laterolaterálně a anteroposteriorně. Hodnotí schopnost volní kontroly pohybu COP na základě vizuální zpětné vazby a schopnost rychlé změny směru pohybu. Pro oba směry jsou testovány celkem tři rychlosti. Výstupem testu je průměrná rychlost COP v určeném směru (On-Axis Velocity), udávaná ve stupních za sekundu a průměrnou kontrolu přímosti (Directional Control), udávanou v procentech. Hodnotí odchylku od přesného následování pohybujícího se bodu, jehož přímá dráha je 100 % (Kolářová, 2012, ss. 11-12).

8.4 Průběh měření

Děti a rodiče byli seznámeni s posturografem a prostředím kineziologické laboratoře. Rodiče byli požádáni o vyplnění dotazníku společně s dítětem. Zjišťovanými parametry byly tělesná výška, tělesná hmotnost, BMI, laterálita, přítomnost menarché, volnočasové pohybové činnosti dětí s rodinnou a v kroužcích, jejich frekvence, doba trvání týdně a sportovní aktivita rodičů. A dále o podpis informovaného souhlasu.

Děti byly měřeny naboso, s nohavicemi založenými do půl lýtek pro možnost kontroly postavení chodidel. Výchozí poloha chodidel na silové plošině byla standardizována vzhledem k tělesné výšce dětí. Dle typu testu byla použita jistící vestička. Po absolvování každého testu byla zařazena krátká pauza pro pohyb dítěte mimo plošinu posturografu.

8.5 Zpracování a vyhodnocování dat

Hodnoty jednotlivých měřených parametrů byly z posturografického reportu převedeny a zpracovány v Excelu.

8.6 Statistické zpracování dat

K analýze dat byl použit statistický software IBM SPSS Statistics verze 22 (USA). K zjištění rozdílů mezi skupinou dětí, adolescentů a dospělých jedinců v hodnotách měřených parametrů byl použit Kruskal-Wallisův test. V případě signifikance Kruskal-Wallisova testu bylo provedeno porovnání skupin po dvojicích pomocí Mann-Whitney U testu s Bonferroniho korekcí signifikance na mnohonásobné porovnávání. Závislost mezi tělesnou výškou a vybranými měřenými parametry byla hodnocena pomocí Spearmanovy korelační analýzy. Všechny testy byly dělány na hladině signifikance 0,05. V případě signifikantního výsledku byly distribuce hodnot měřených parametrů ve sledovaných skupinách zobrazeny pomocí kvartilového krabicového grafu, resp. pomocí sloupcového grafu (zobrazení mediánů hodnot). Významné korelace mezi parametry byly zobrazeny pomocí bodových grafů.

9 Výsledky

9.1 Hypotéza H₀₁

Pro ověření platnosti hypotézy H₀₁ byl použit Kruskal-Wallisův test. Testem byly porovnány tři skupiny osob - skupina dětí, adolescentů a skupina dospělých jedinců v hodnotách posturálních titubací u SOT, tj. parametru Equilibrium skóre měřeném v šesti různých podmínkách (1 - 6). V případě signifikantního výsledku Kruskal-Wallisova testu byly provedeny post hoc testy, které porovnaly soubory po dvojicích. K post hoc testům byl použit Mann-Whitney U test s Bonferroniho korekcí signifikance na mnohonásobné porovnávání.

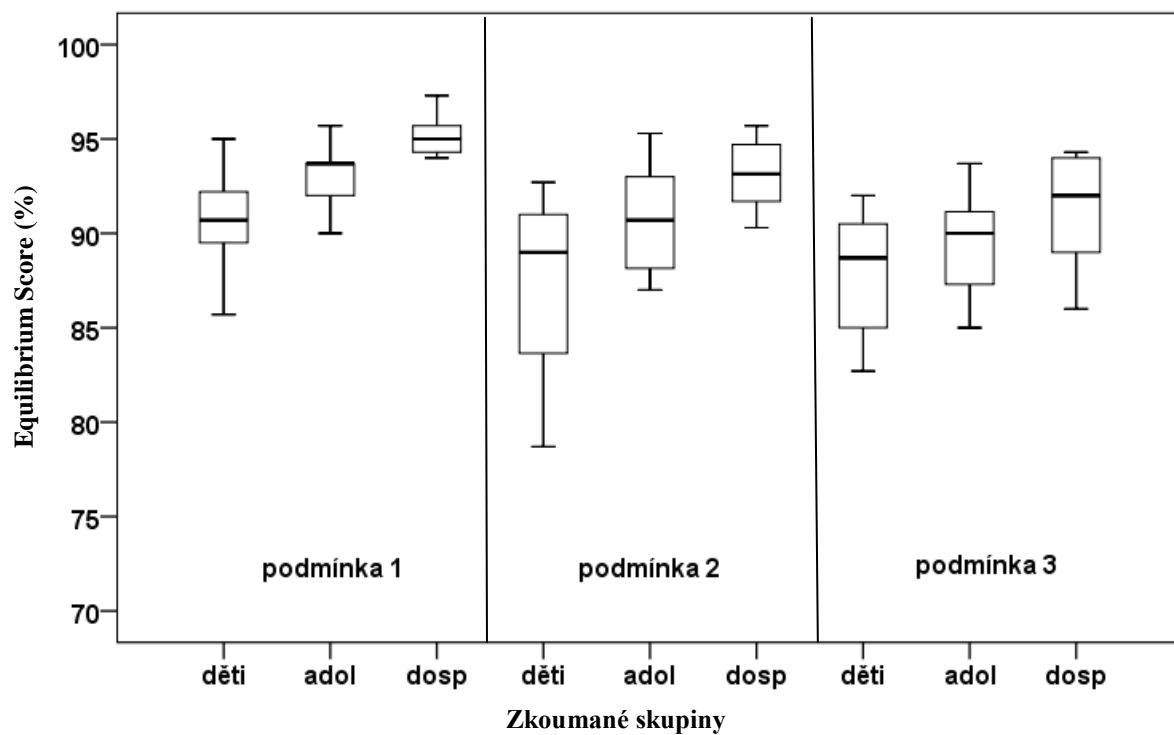
Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem lze hypotézu H₀₁ ve znění: „Existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v hodnotách posturálních titubací měřených v klidném vzpřímeném stoji v šesti různých podmínkách SOT“ **potvrdit** pro parametr Equilibrium skóre měřený za všech podmínek kromě podmínky 3, tj. měření s otevřenými očima, fixní podložkou a pohybující se kabinou, pro statistickou významnost rozdílů rovnovážného skóre (p je menší, než 0,05). Zamítáme tedy alternativní hypotézu H_{A1}. Výsledky statistického hodnocení jsou uvedeny v tabulce 1 (s. 42).

Tabulka 1 Statistické parametry posturálních titubací tří testovaných skupin u SOT

		Equilibrium Score [%]					
skupina		zkouška 1	zkouška 2	zkouška 3	zkouška 4	zkouška 5	zkouška 6
děti	Medián	91	89	89	73	52	44
	Minimum	86	79	71	27	20	5
	Maximum	95	93	92	82	67	67
adolescenti	Medián	94	91	90	82	68	60
	Minimum	89	79	85	66	32	35
	Maximum	96	95	94	92	80	75
dospělí	Medián	95	93	92	92	75	78
	Minimum	92	90	86	77	53	52
	Maximum	97	96	94	93	79	90
Kruskal-Wallis p		0,0005	0,007	0,079	0,001	0,0004	0,0003
Mann-Whitney U test p							
Děti / adolescenti		0,142	0,566	-	0,107	0,070	0,751
Děti / dospělí		0,002	0,005	-	0,001	0,001	0,001
Adolescenti / dospělí		0,013	0,217	-	0,041	0,041	0,003

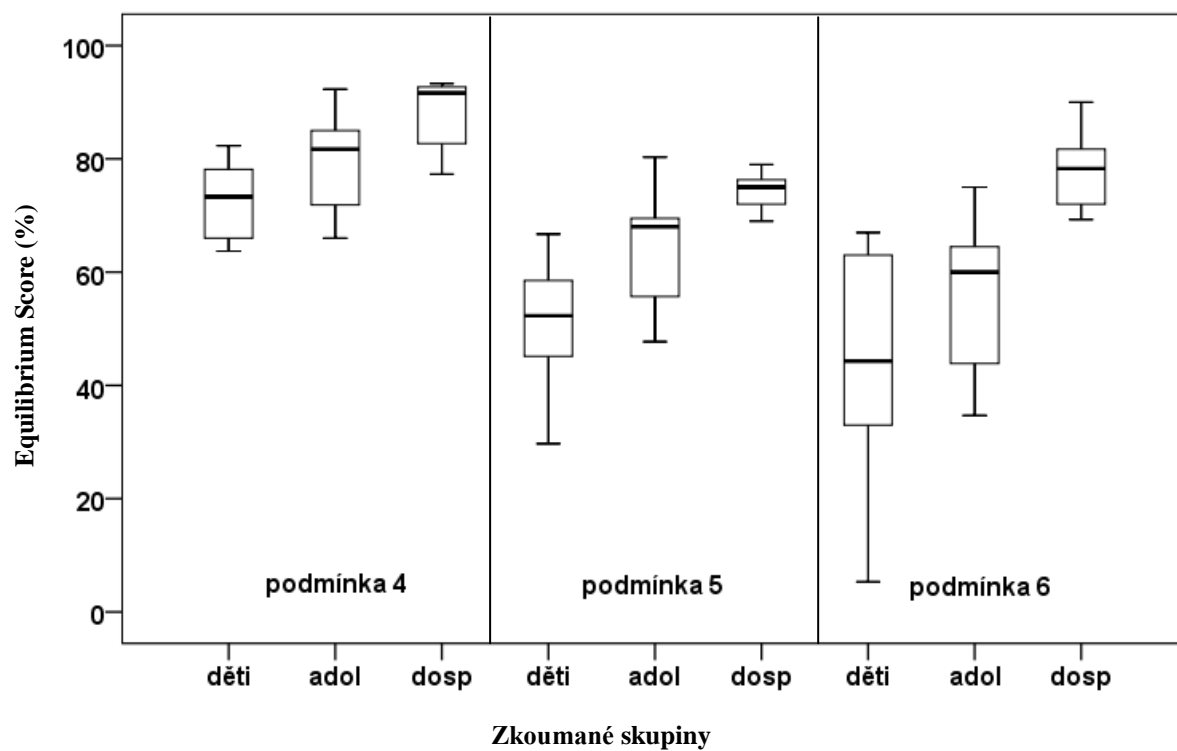
Legenda Z – zkouška, med. – medián, p – statistická hladina významnosti, dosp. – dospělý, adol. – adolescenti,

Obrázek 3



Distribuce hodnot parametru Equilibrium Score měřeného za podmínky 1-3 v porovnávaných skupinách

Obrázek 4



Distribuce hodnot parametru Equilibrium Score měřeného za podmínky 4-6 v porovnávaných skupinách

9.2 Hypotéza H₀₂

V hypotéze jsme hodnotili použití kotníkové a kyčelní posturálních strategie parametrem Strategy Analysis u SOT mezi zkoumanými skupinami. Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem **lze hypotézu H₀₂** ve znění: „*Neexistuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v posturální strategii použité v klidném vzpřímeném stoji v šesti různých podmínkách SOT*“ **zamítnout** pro posturální strategii měřenou za podmínek 1, 2 a 3. Potvrzujeme tedy alternativní hypotézu **H_{A2}** pro posturální strategii měřenou za podmínek 1, 2, 3. Výsledky statistického hodnocení jsou uvedeny v tabulce 2 (s. 45).

Tabulka 2 Hodnocení posturální strategie a její srovnání mezi hodnocenými skupinami u SOT

		Strategy Analysis [%]					
skupina		zkouška 1	zkouška 2	zkouška 3	zkouška 4	zkouška 5	zkouška 6
děti	Median	100	100	100	88	84	84
	Minimum	97	97	95	83	69	70
	Maximum	100	100	100	94	87	91
adolescenti	Median	98	98	98	87	82	81
	Minimum	95	95	92	75	59	63
	Maximum	100	100	100	94	87	87
dospělí	Median	99	99	99	91	82	84
	Minimum	97	98	96	83	68	73
	Maximum	100	100	100	95	89	95
Kruskal-Wallis p		0,021	0,003	0,027	0,371	0,548	0,271
Mann-Whitney U test p							
Děti / adolescenti		0,034	0,009	0,033	-	-	-
Děti / dospělí		0,889	1,000	0,342	-	-	-
Adolescenti / dospělí		0,139	0,019	0,536	-	-	-

Legenda p - statistická hladina významnosti

9.3 Hypotéza H₀₃

V této hypotéze jsme se zabývali průměrnou rychlostí posturálních výchylek během stoje na jedné DK s otevřenými a zavřenými očima a hodnotili rozdíly v těchto dvou podmínkách u tří zkoumaných skupin. Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem **lze hypotézu H₀₃** ve znění: „*Při stoji na jedné DK existuje rozdíl v rychlosti posturálních titubací s otevřenými a zavřenými očima mezi skupinou adolescentů, dětí a dospělých*“ **potvrdit** pro měření s otevřenými i zavřenými očima pro statistickou

významnost rychlosti posturálních titubací mezi skupinami (p je tedy menší, než 0,05) (tab. 4, s. 46). Zamítáme tedy alternativní hypotézu H_A3 .

Tabulka 3 Zjištění hladin signifikance rozdílů parametru Sway Velocity u jednotlivých testů Unilateral Stance

		Sway Velocity [°/s]			
		otevřené oči		zavřené oči	
skupina		LDK	PDK	LDK	PDK
děti	Medián	1,07	1,03	2,50	2,73
	Minimum	0,77	0,87	1,27	1,87
	Maximum	2,70	3,23	4,67	4,60
adolescenti	Medián	0,80	0,80	1,97	2,20
	Minimum	0,53	0,57	0,87	0,77
	Maximum	1,23	2,13	2,73	3,30
dospělí	Medián	0,47	0,50	1,53	1,57
	Minimum	0,33	0,40	1,30	1,17
	Maximum	0,63	0,70	4,90	1,97
Kruskal-Wallis	p	< 0,0001	< 0,0001	0,015	0,0003

Legenda p - statistická hladina významnosti, LDK – levá dolní končetina, PDK – pravá dolní končetina

Tabulka 4 Zjištění hladiny signifikance rozdílů parametru Sway Velocity u porovnávaných dvojic

		Sway Velocity [°/s]			
		otevřené oči		zavřené oči	
skupina		LDK	PDK	LDK	PDK
Mann-Whitney U test	p	p	p	p	p
Děti / adolescenti		0,083	0,049	0,070	0,083
Děti / dospělí		0,0003	0,0003	0,041	0,0003
Adolescenti / dospělí		0,001	0,001	0,653	0,001

Legenda p - statistická hladina významnosti, LDK – levá dolní končetina, PDK – pravá dolní končetina

9.4 Hypotéza H₀₄

V této hypotéze jsme se zabývali rozdílem ve schopnosti hodnocených skupin aktivně měnit polohu COP inklinací těla v reakci na vizuální podnět a v daných směrech tak vymezit prostor typický pro danou věkovou skupinu a určující dosah jejich COP. Parametr byl hodnocen u testu Limits of Stability. V případě signifikantního výsledku Kruskal-Wallisova testu byly provedeny post hoc testy (Mann-Whitney U test), které porovnály soubory po dvojicích. Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem **lze hypotézu H₀₄** ve znění: „V parametrech limitů stability existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými osobami“ **potvrdit** pro parametr EPE měřený za podmínky 2 a 4 (tab. 7, s. 48), parametr MXE měřený za podmínky 4 (tab. 9, s. 50) a parametr DLC měřený za podmínky 1, 4, 5, 6 a 8 (tab. 8, s. 49). Zamítáme tedy alternativní hypotézu H_{A4}.

Tabulka 5 Statistické hodnocení reakčního času (Reaction Time, RT) pro osm směrů testů LOS

		LOS - Reaction Time [s]							
skupina		směr1	směr 2	směr 3	směr 4	směr 5	směr 6	směr 7	směr 8
děti	Medián	0,68	0,63	0,57	0,53	0,49	0,63	0,77	0,65
adolescenti	Medián	0,58	0,60	0,56	0,67	0,54	0,61	0,55	0,59
dospělí	Medián	0,52	0,54	0,57	0,60	0,56	0,56	0,47	0,53
Kruskal-Wallis p		0,599	0,440	0,752	0,379	0,987	0,655	0,043	0,264
Mann-Whitney U test p									
Děti / adolescenti		-	-	-	-	-	-	0,281	-
Děti / dospělí		-	-	-	-	-	-	0,104	-
Adolescenti / dospělí		-	-	-	-	-	-	0,361	-

Legenda p - statistická hladina významnosti

Tabulka 6 Statistické hodnocení průměrné rychlosti COP (Movement Velocity, MVL) při dosažení cílových bodů v osmi hodnocených směrech na vizuálním feedbacku u LOS

		LOS – Movement Velocity [°/s]							
skupina		směr 1	směr 2	směr3	směr4	směr5	směr6	směr7	směr8
děti	Medián	4,1	7,9	6,2	4,6	3,4	6,1	7,5	6,7
adolescenti	Medián	3,7	5,4	5,7	4,5	3,2	5,0	7,0	5,7
dospělí	Medián	4,1	4,95	7,45	5,7	3,6	6,5	7,1	6,85
Kruskal-Wallisova p		0,905	0,378	0,538	0,672	0,522	0,480	0,735	0,936

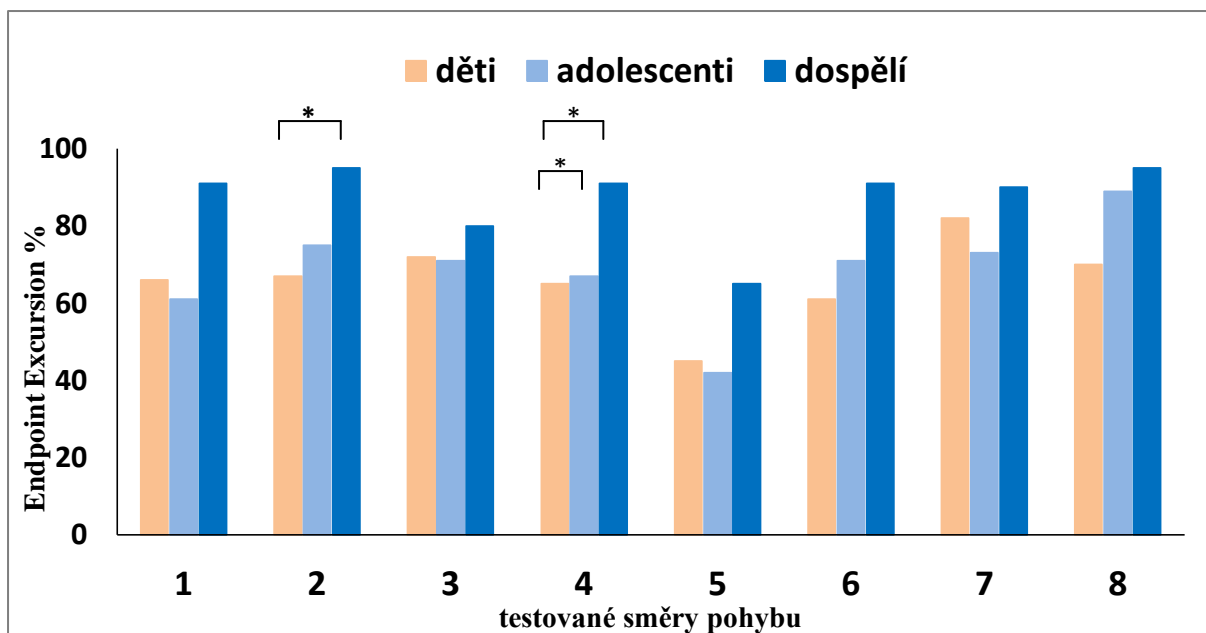
Legenda p - statistická hladina významnosti

Tabulka 7 Statistické hodnocení rozdílů mezi zkoumanými skupinami v dosažené vzdálenosti ve směru určeného bodu na vizuálním feedbacku při prvním pokusu (Endpoint Excursion, EPE) u LOS

	LOS – Endpoint Excursion [%]							
Mann-Whitney U test p								
Děti / adolescenti	-	0,634	-	1,000	-	1,000	-	-
Děti / dospělí	-	0,045	-	0,002	-	0,050	-	-
Adolescenti / dospělí	-	0,217	-	0,006	-	0,145	-	-

Legenda p - statistická hladina významnosti

Obrázek 5



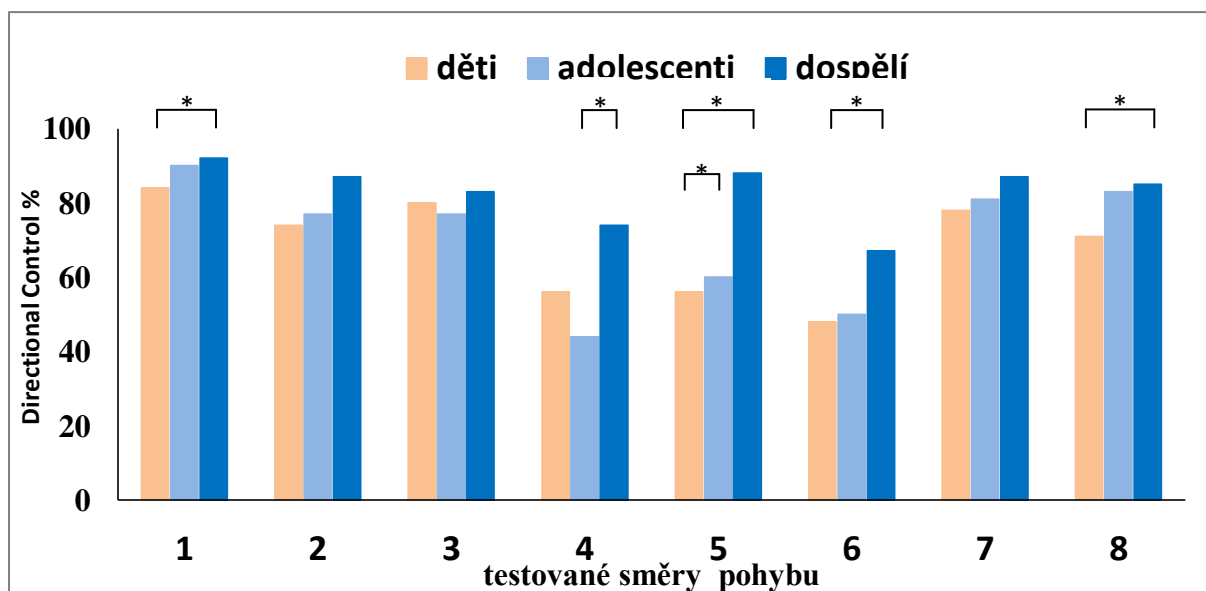
Mediány hodnot parametru Endpoint Excursion

Tabulka 8 Statistické hodnocení rozdílů v kontrole směru pohybu COP k vizuálně danému cíli (Directional Control, DCL) mezi zkoumanými skupinami při testu LOS

		LOS – Directional Control [%]							
skupina		směr 1	směr 2	směr 3	směr 4	směr 5	směr 6	směr 7	směr 8
děti	Medián	84	74	80	56	56	48	78	71
	Min	8	52	55	2	6	15	52	44
	Max	95	94	92	77	85	69	93	90
adolescenti	Medián	90	77	77	44	60	50	81	83
	Min	61	67	23	23	0	0	31	19
	Max	96	89	89	70	79	80	92	92
dospělí	Medián	92	87	83	74	88	67	87	85
	Min	87	60	75	58	47	51	81	67
	Max	97	96	95	87	93	86	92	95
Kruskal-Wallis p		0,021	0,102	0,197	0,004	0,002	0,010	0,055	0,030
Mann-Whitney U test p									
Děti / adolescenti		0,280	-	-	1,000	1,000	1,000	-	0,344
Děti / dospělí		0,022	-	-	0,054	0,009	0,072	-	0,022
Adolescenti / dospělí		0,686	-	-	0,003	0,007	0,010	-	1,000

Legenda p - statistická hladina významnosti

Obrázek 6



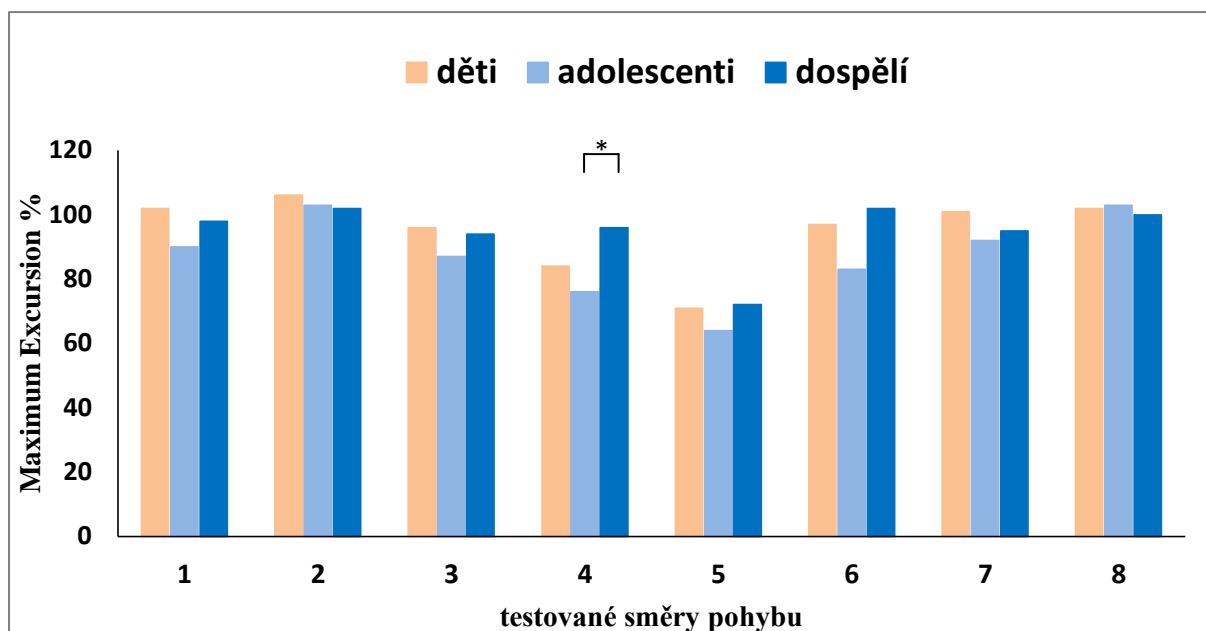
Mediány hodnot parametru Directional Control

Tabulka 9 Statistické hodnocení rozdílů v maximálních vychýleních COP v daném směru (Maximum Excursion, MXE) mezi zkoumanými skupinami při testu LOS

		LOS – Maximum Excursion [%]							
skupina		MXE1	MXE2	MXE3	MXE4	MXE5	MXE6	MXE7	MXE8
děti	Medián	102	106	96	84	71	97	101	102
	Min	78	79	62	58	40	72	83	80
	Max	109	115	110	107	101	123	109	129
adolescenti	Medián	90	103	87	76	64	83	92	103
	Min	55	63	76	59	28	35	66	60
	Max	109	113	107	96	82	114	102	109
dospělí	Medián	98	102	94	96	72	102	95	100
	Min	75	87	81	81	56	79	91	78
	Max	105	113	101	108	96	110	102	104
Kruskal-Wallis p		0,197	0,463	0,187	0,008	0,195	0,034	0,071	0,784
Mann-Whitney U test p									
Děti / adolescenti		-	-	-	0,879	-	0,070	-	-
Děti / dospělí		-	-	-	0,157	-	1,000	-	-
Adolescenti / dospělí		-	-	-	0,007	-	0,086	-	-

Legenda p - statistická hladina významnosti

Obrázek 7



Mediány hodnot parametru Maximum Excursion

9.5 Hypotéza H₀₅

V této hypotéze jsme zkoumali schopnost volní kontroly COP v předem daném směru, schopnost rychlé změny směru a udržení kontroly přímosti daného směru na základě vizuálního feedbacku u tří zkoumaných skupin během testu RWS. Byl použit Kruskal-Wallisův test. V případě signifikantního výsledku Kruskal-Wallisova testu byly soubory porovnány po dvojicích pomocí Mann-Whitney U testu s Bonferroniho korekcí signifikance na mnohonásobné porovnání.

Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem lze hypotézu H₀₅ ve znění: „Ve využití sensorického feedbacku v antero-posteriorním směru není rozdíl mezi zkoumanými skupinami“ **zamítnout** pro parametr DC měřený při rychlosti 3 (tab. 10, s. 51). Potvrzujeme tedy alternativní hypotézu H_{A5}.

Tabulka 10 Statistické porovnání průměrné rychlosti COP v daném směru (On-Axis Velocity) a průměrná kontrola přímosti pohybu (Directional Control) v latero-laterálním směru vždy pro tři rychlosti u tří hodnocených skupin při testu RWS

		RWS left-right tests					
		On -Axis Velocity [°/s]			Directional Control [%]		
skupina		rychlost 1	rychlost 2	rychlost 3	rychlost 1	rychlost 2	rychlost 3
děti	Medián	3,3	4,7	8,7	77	80	81
	Minimum	2,5	4,0	6,3	66	65	55
	Maximum	4,5	7,7	15,5	86	90	89
adolescenti	Medián	3,4	4,8	9,6	81	82	87
	Minimum	2,5	3,1	6,4	53	39	65
	Maximum	4,2	7,0	11,2	89	91	92
dospělí	Medián	3,2	5,0	10,1	84	88	90
	Minimum	2,9	3,8	7,1	73	80	82
	Maximum	4,2	5,9	11,2	90	90	92
Kruskal-Wallis p		0,666	0,821	0,896	0,140	0,054	0,013
Mann-Whitney U test p							
Děti / adolescenti		-	-	-	-	-	0,633
Děti / dospělí		-	-	-	-	-	0,005
Adolescenti / dospělí		-	-	-	-	-	0,634

Legenda p – hladina statistické významnosti

9.6 Hypotéza H₀₆

V této hypotéze jsme zkoumali schopnost volní kontroly COP v latero-laterálním směru, schopnost rychlé změny směru a udržení kontroly přímosti směru na základě vizuálního feedbacku u tří zkoumaných skupin během testu RWS. Byl použit Kruskal-Wallisův test. V případě signifikantního výsledku Kruskal-Wallisova testu byly soubory porovnány po dvojicích pomocí Mann-Whitney U testu s Bonferroniho korekcí signifikance na mnohonásobné porovnání.

Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem **lze hypotézu H₀₆** ve znění: „*Ve využití sensorického feedbacku v latero-laterálním směru není rozdíl mezi zkoumanými skupinami*“ **zamítnout** pro parametr DC měřený při rychlosti 1, 2 a 3 (tab. 11, s. 52). Potvrzujeme tedy alternativní hypotézu H_{A6}.

Tabulka 11 Statistické porovnání průměrné rychlosti COP v daném směru a průměrná kontrola přímosti pohybu v antero-posteriorním směru vždy pro tři rychlosti u tří hodnocených skupin při testu RWS

		RWS front-back tests					
		On-Axis Velocity [°/s]			Directional Control [%]		
skupina		rychlost 1	rychlost 2	rychlost 3	rychlost 1	rychlost 2	rychlost 3
děti	Median	2,1	2,9	4,5	60	67	60
	Minimum	1,6	1,6	2,7	0	0	26
	Maximum	3,1	4,4	7,4	83	88	83
adolescenti	Median	2,5	3,6	5,8	65	81	83
	Minimum	1,7	2,1	3,5	46	48	43
	Maximum	3,5	4,4	7,7	88	87	93
dospělí	Median	2,3	3,3	5,8	84	87	87
	Minimum	1,9	2,5	5,0	77	75	78
	Maximum	2,8	3,9	7,2	90	91	91
Kruskal-Wallis p		0,371	0,176	0,175	0,001	0,001	0,003
Mann-Whitney U test p							
Děti / adolescenti		-	-	-	0,599	0,098	0,049
Děti / dospělí		-	-	-	0,001	0,003	0,003
Adolescenti / dospělí		-	-	-	0,020	0,028	0,866

Legenda p - hladina statistické významnosti, RWS – Rhythmic weight shift

9.7 Hypotéza H₀₇

V této hypotéze jsme se zabývali preferencí jednotlivých sensorických systémů u tří zkoumaných skupin. Na základě výsledků ze statistického zpracování Mann-Whitney U testem **lze hypotézu H₀₇** ve znění: „*Je rozdíl v preferenci sensorických systémů u testu SOT mezi zkoumanými skupinami*“ **potvrdit** pro statistickou významnost využití vizuálního a vestibulárního systému mezi dětmi a dospělými $p = 0,005$ a $p = 0,001$ (tedy menší než 0,05) (tab. 12, s. 53). Mann-Whitney U test prokázal, že děti signifikantně méně preferují vizuální a vestibulární sensorický systém ve srovnání s dospělými osobami.

V preferenci somatosenzorického systému nebyl mezi porovnávanými skupinami zjištěn signifikantní rozdíl. Zamítáme tedy alternativní hypotézu **H_{A7}**.

Tabulka 12 Statistické hodnocení sensorické analýzy (Sensory Analysis hodnocené z % Equilibrium Score) u testu SOT

Porovnávané skupiny	Testovaný sensorický systém		
	somatosenzorický	vizuální	vestibulární
Signifikance		p	p
Děti / adolescenti	-	0,392	0,115
Děti / dospělí	-	0,005	0,002
Adolescenti / dospělí	-	0,079	0,072

Legenda p – statistická hladina významnosti

9.8 Hypotéza H₀₈

V této hypotéze jsme se zabývali hodnocením vztahu mezi výškou probandů ve sledovaných skupinách a zjištěnými hodnotami posturálních titubací u testů SOT a US. Pro ověření platnosti hypotézy H₀₇ byla použita Spearmanova korelační analýza. Byly vypočítány hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu a byl proveden test významnosti korelačního koeficientu. Na základě významnosti korelačního koeficientu **lze hypotézu H₀₈** ve znění: „*Existuje souvislost mezi výškou probanda a hodnotou posturálních titubací v klidném stoji a stoji na jedné DK*“ **potvrdit**. Spearmanova korelační analýza prokázala středně silnou pozitivní korelaci mezi tělesnou výškou a parametry E1 a E2 ($r = 0,589$ a $r = 0,508$). Dále byla prokázána středně silná negativní korelace mezi tělesnou výškou a parametry LEC ($r = -0,493$) a REC ($r = -0,645$). Silná negativní korelace byla prokázána mezi tělesnou

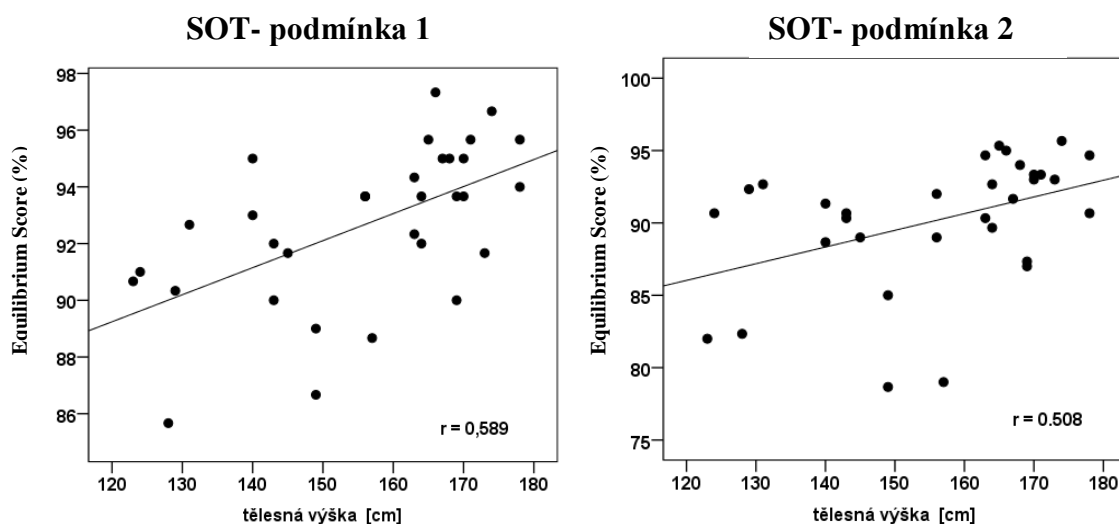
výškou a parametry LEO ($r = -0,718$) a REO ($r = -0,715$). Zamítáme tedy alternativní hypotézu H_A8 .

Tabulka 13 Statistické hodnocení vztahu mezi výškou probandů a jejich hodnotami posturálních titubací u SOT a US.

		Parametry porovnávané s výškou					
		SOT Equilibrium Score [%]		US Sway Velocity [°/s]			
		test 1	test 2	otevřené oči		zavřené oči	
				LDK	PDK	LDK	PDK
Výška	Korelační koeficient	0,589	0,508	- 0,718	- 0,715	- 0,493	- 0,645
	p	0,0004	0,003	< 0,0001	< 0,0001	0,004	0,0001
	N	32	32	32	32	32	32

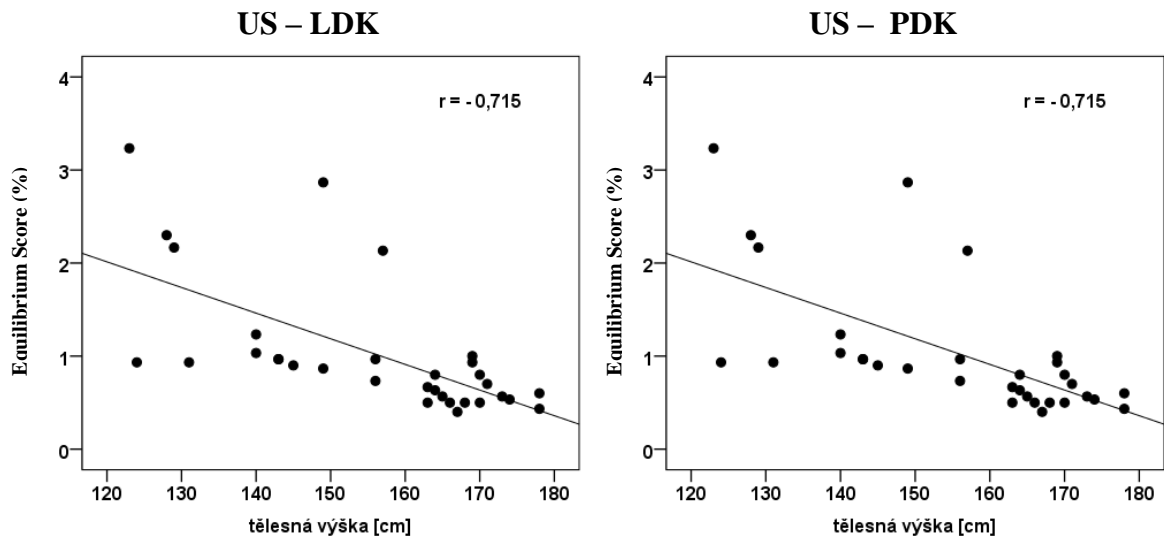
Legenda p - statistická hladina významnosti, N – počet probandů, SOT – Sensory organization test, US – Unilateral stance test, LDK – levá dolní končetina, PDK – pravá dolní končetina

Obrázek 8



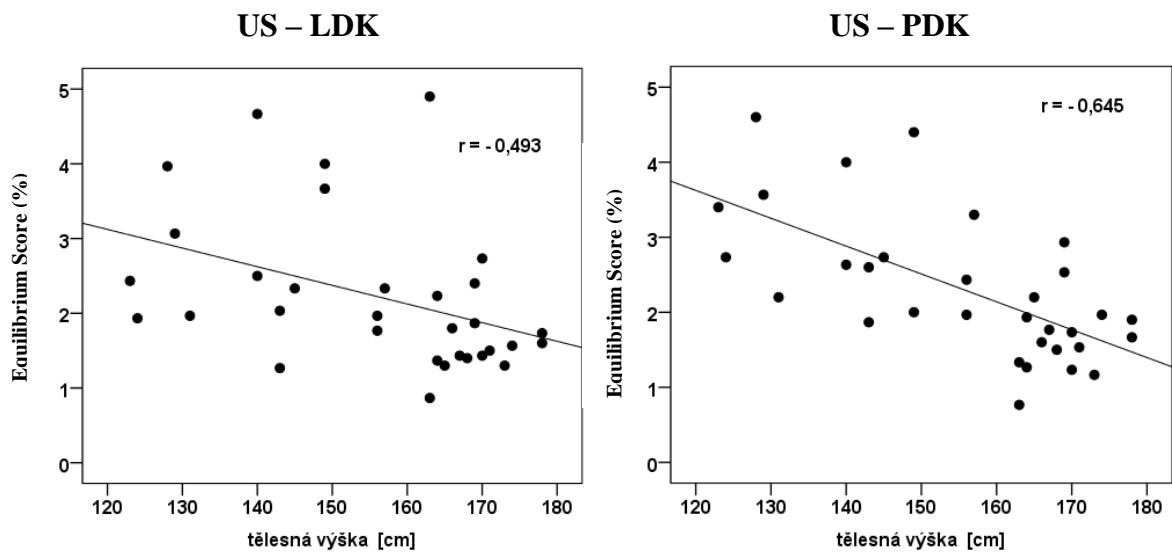
Závislost parametru Equilibrium skóre měřeného za podmínky 1 (otevřené oči, fixní podložka i kabina) za podmínky 2 (zavřené oči, fixní podložka i kabina) na tělesné výšce

Obrázek 9



Závislost parametru Sway Velocity testu US měřeného pro podmínku s otevřenými očima na tělesné výšce

Obrázek 10



Závislost parametru Sway Velocity testu US měřeného pro podmínku se zavřenými očima na tělesné výšce

10 Diskuze

Tato práce se zabývala hodnocením posturální stability u prepubertálních a pubertálních dětí. Cílem bylo zjistit, zda se tyto dvě skupiny liší v parametrech podílejících se na kontrole posturální stability a zda jsou tyto rozdíly přítomné také vzhledem ke kontrolní dospělé skupině, která prezentuje referenční hodnoty. Záměrem této kapitoly je diskuze nad zvoleným tématem práce, metodikou a výsledky práce. Výsledky jsou zde konfrontovány s výsledky dostupných použitých studií zabývajících se řešenou problematikou, jsou zde zváženy postupy zvolené pro tento výzkum, zhodnoceny jejich limity a přínosy a navrženy oblasti řešeného problému vhodné pro další výzkum.

Dospívání je jedním z milníků ve vývoji jedince, poslední období kdy získává benefity nebo problémy do dalších dekád života, obdobím které jej formuje. Je prokázáno, že mnoho predispozic a onemocnění se projeví právě v tomto období a tyto dlouhodobé stavy pak mohou utvářet období dospělosti (Dietz, Kartin, Kopp, 1998, p. 519; Baker, Olsen, Sørensen, 2007, pp. 2331-2332; Poussa et al., 2005, p. 739). Pubertální období je obsáhle zdokumentováno po stránce hormonálních změn (Dorn, Biro, 2011, pp. 180-195; Spear, 2000, pp. 434-436), rozdíly mezi průběhem puberty u chlapců a dívek (Mickle, Munro, Steele, 2011, pp. 245-247), distribuce tukové a svalové hmoty (Spear, 2000, pp. 436-438), růstu (Bitar et al., 2000, pp. 158-159) a behaviorálních změn dotýkajících se fungování ve společnosti (Spear, 2000, pp. 420-423). Publikovány jsou také studie zabývající se specifickými změnami v mozku během tohoto období (Blakemore, Burnett, Dahl, 2009, pp. 926-933; Bramen et al., 2010, pp. 636-646; Giedd, 1999, pp. 861-862; Goddings et al., 2014, pp. 244-246; Paus, 2005, pp. 64-67; Smith, Buschang, 2005, pp. 733-742; Spear, 2000, pp. 438-442). Studií zabývajících se změnami v kontrole postury a hrubě motorickými dovednostmi v tomto období není mnoho (Ferber-Viart et al., 2007, pp. 1043-1045; Assaiante, Amblard, 1995, pp. 19-29; Forssberg, Nashner, 1982, pp. 546-551; Geldhof et al., 2006, pp. 782-786; Godoi, Barela, 2007, pp. 81-85; Hatzitaki et al., 2002, pp. 165-169, Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 112-113; Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, pp. 4-9; Riach, Starkes, 1983, pp. 107-111; Woollacott, Shumway-Cook, 1998, pp. 779-806; Sparto, 2006, pp. 508-512; Rine, Rubish, Feeney, 1998, pp. 19-22; Rinaldi, Polastri, Barela, 2009, pp. 226-228; Nolan, Grigorenko, Thorstensson, 2005, pp. 449-453).

10.1 Diskuze k metodice práce

Poměrně málo studií se věnuje problematice vývoje a dozrávání posturální kontroly v přechodném období mezi dětstvím a dospělostí (Sobera, Siedlecka, Syczewska, 2010, pp. 35-43; Geldhof et al., 2006, pp. 779-782; Mallau, Vaugoyeau, Assaiante, 2010, p. 2; Ferbert-Viart et al., 2007, p. 1042; Hirabayashi, Yuuji, 1995, p. 111; Godoi, Barela, 2007, pp. 79-80; Lebidowska, Syczewska, 2000, p. 201). Assaiante uvádí tuto periodu vývoje, jako rozhraní mezi 3. a 4. periodou v koncepci ontogenetického vývoje posturální kontroly, tedy přesně neohraničené období mezi dětstvím a dospělostí (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 13-15). Proto byla zvolena právě tato dvě věková období (prepubertální a puberta), o jejichž vzájemné roli ve vývoji posturální kontroly stále ještě není stanoven všeobecně akceptovaný konsenzus.

Studie hodnotící kvalitu postury dětí a adolescentů se liší ve výběru použité metody hodnocení. Velkým trendem je využití posturografie a systému NeuroCom (Ferber-Viart et al., 2007, pp. 1042-1043; Geldhof et al., 2006, p. 781; Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 111-112; Faraldo García et al., 2012, p. 674), která byla zvolena také pro tuto práci. Další podobnou metodou je použití tlakové plošiny typu AMTI (Olivier, Pallel, Nougier, 2008, p. 342; Vuilleme et al., 2001, p. 85) nebo typu Kistler (Cherng, Lee, Su, 2003, pp. 510-511; Hue et al., 2007, p. 33). Další metodou je měření zakřivení páteře na fotografickém snímku v sagitální nebo frontální rovině s označením měřených bodů (Samsi et al., 2004, pp. 2-3; McEvoy, Grimmer, 2005, pp. 2-3).

Klinické hodnocení je používáno málo, nejčastěji se jedná o hodnocení pomocí Rombergova testu I, II nebo III a tandemového stoje (Figura et al., 1991, p. 235; Olivier, Palluel, Nougier, 2008, pp. 343-344), Iowa brace test, Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (P-CTSIB), Bruininsk-Oseretsky Test Motor Impairment (BOTMP) a Movement Assessment Battery for Children (MABC-2 test). Tyto testy hodnotí buď pouze hrubou motoriku, nebo také jemnou motoriku a lze je použít jak u dětí, tak u adolescentů do 14 - 16 (21) let (Westcott, Lowes, Richardson, 1997, pp. 633-639; Deitz, Kartin, Kopp, 2007, pp. 90-93; Wagner et al., 2011, pp. 674-675; Kochanowicz, Kucharska, 2010, p. 88).

V dostupných studiích věnujících se této problematice jsou srovnávány skupiny dle věku (Hatzitaki et al., 2002, pp. 165-167; Ferber-Viart et al., 2007, pp. 1043-1045; Rival, Ceyte, Olivier, 2005, pp. 134-135; Schmid et al., 2005, pp. 7-11; Faraldo-García, 2012, pp. 675-676; Parreira et al., 2013, pp. 313-314), pohlaví (Nolan, Grigorenko, Thorstensson, 2005, p. 451; Steindl et al., 2006, pp. 479-481; Lee, Aronson, 1974, pp. 175-176; Faraldo-

García, 2012, pp. 675-676; Mickle, Munro, Steele, 2011, p. 245), sportovního zatížení (Garcia et al., 2011, pp. 30-31; Craggs et al., 2011, pp. 645-650) nebo mezi různými vrcholovými sporty (Schmit, Regie, Riley, 2005, pp. 373-375; Howerton, 2013, pp. 171-174; Bressel et al., 2007, p. 44).

V této studii bylo zvoleno hodnocení skupiny pouze dívek a žen a kritériem pro hodnocení posturálních kvalit stability byl věk. Pouze dívky a ženy byly zvoleny z důvodu nutnosti přesné objektivizace skupiny prepubertální a pubertální. Nástup puberty je velmi individuální a udávané věkové hranice jsou do určité míry také jen orientační, vycházející z hodnot průměru. Kritériem pro určení těchto dvou skupin proto byla přítomnost či nepřítomnost menstruace. Ta je jasným znakem určujícím na podkladě hormonálních změn přítomnost puberty. Toto kritérium bylo součástí dotazníku. U chlapců by bylo určení pubertální a prepubertální skupiny složité a pravděpodobně vzhledem k citlivosti dotazované informace také ne zcela objektivní. Otázka porovnání výsledků dívek s výsledky stejně starých a starších chlapců by mohla být vhodným pokračováním této práce. Hodnocení by se zabývalo tím, zda by výsledky zjištěné v této práci korespondovaly s výsledky u chlapců stejného věku nebo zda by byl zjištěn posun změn do vyššího věku, který by potvrdil pozdější nástup puberty u chlapců. Protože věk dívek byl do 13. roku, jedná se zřejmě u většiny dívek zařazených do pubertální skupiny o pubertu časnou. Pro další objasnění vývoje v pozdní pubertě by bylo vhodné se v dalších experimentech věnovat právě rozdílům mezi časnou a pozdní pubertou.

Parametr standardní tělesné zátěže během týdne byl požadován z důvodu podložených tvrzení o zlepšení posturální kontroly vlivem tréninku a specificky usměrněného motorického učení s vysokou frekvencí a mírou zátěže pohybového systému (Schmit, Regie, Riley, 2009, pp. 371-374; Bressel et al., 2007, pp. 44-45; Paterno et al., 2004, p. 307; Garcia et al., 2010, p. 31; Vuillerme et al., 2001, pp. 86-87). Zároveň by měli být hodnoceni jedinci s přirozenou pohybovou zátěží, adekvátní věku. Nízká pohybová zátěž v dětském a adolescentním období se často pojí s obezitou jedince. Ti byli ze studie primárně vyřazeni a v dotazníku bylo zjišťováno BMI, aby byla zajištěna co největší homogenita zkoumaného souboru.

Velikost sledovaného vzorku v použitých studiích se pohybuje v rozmezí 24 - 1241 probandů. Do této studie bylo zařazeno 33 dívek a žen, z nichž jedna byla vyřazena pro účast ve vrcholové sportovní přípravě. Ve zkoumaných skupinách prepubertálních a pubertálních dětí bylo v každé jedenáct dívek, v kontrolní dospělé skupině pak deset žen. Do studie se přihlásili také tři chlapci, kteří byli z důvodu rimárně jiného zacílení zkoumané skupiny ze

studie vyloučení. Děti byly vybírány v různých volnočasových kroužcích v Olomouci, kde byli oslovováni přímo jejich rodiče, byl jim předán informační materiál o cíli a průběhu měření a při kladné reakci byl ihned sjednán termín měření. Směřovat nabídku a propagační materiál dětem ve škole nebo volnočasovém kroužku se v čase projevilo jako neefektivní, s téměř nulovou návratností odpovědí. Zřejmě v důsledku nehodnověrnosti a nepřesné interpretace získaných informací dítětem v domácím prostředí. Je tedy otázkou zda konečný počet dívek a žen účastnících se měření ($n = 32$), daný personálními a časovými možnostmi autorky a ochotou oslovených rodičů dětí, byl dostatečně reprezentativní k vyvození závěrů na základě výsledků nebo zda by výsledky s větší zkoumanou skupinou nezískaly jinou signifikanci.

10.2 Diskuze k výsledkům dle hypotéz

10.2.1 Hypotéza H₀₁

Existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v hodnotách posturálních titubací měřených v klidném vzpřímeném stoji v šesti různých podmínkách SOT.

Pro první hypotézu byl měřen parametr Equilibrium Score, který udává procentuální vyjádření stability. Čím vyšší je jeho hodnota, tím se předpokládá lepší posturální stabilizace (Kolářová, 2012, s. 9). Mann-Whitney U test prokázal u dětí a adolescentů signifikantně nižší hodnoty parametru Equilibrium skóre, tj. horší rovnováhu, ve srovnání s dospělými osobami pro měření za podmínek 1, 4, 5 a 6 (1 - otevřené oči, nehybná podložka i kabina, 4 - otevřené oči, fixní kabina, pohyblivá plošina, 5 - zavřené oči, fixní kabina, pohyblivá podložka, 6 - otevřené oči, pohyblivá kabina i podložka). Dále byly zjištěny signifikantně nižší hodnoty parametru Equilibrium skóre (horší rovnováha) u dětí ve srovnání s dospělými pro měření za podmínky 2. Hodnoty mezi skupinou dětí a adolescenty nedosáhly statisticky významné úrovně (viz. tab. 1, s. 42). Dosažené výsledky se shodují s výsledky studie Ferber-Viart, který hodnotil testem SOT 195 dětí a 64 dospělých. Věkové rozdělení skupin bylo širší (6-8, 8-10, 10-12, 12-14 let), při srovnání s našimi věkovými skupinami (8-10, 11-13 let). Bylo dosaženo také signifikantně nižších hodnot Equilibrium Score dětí a adolescentů oproti dospělým v podmínce 1, 4, 5 a 6 a nižší pro děti oproti dospělým u podmínky 2. Výsledky se liší pro podmínku 3, kde uvádí Ferber-Viart signifikantně nižší výsledek pro skupinu 8-10 let oproti skupině 10-12 let a 12-14 let (Ferber-Viart et al., 2007, p. 1043). Hodnot Equilibrium Score srovnatelné s dospělými dosahují adolescenti v podmínce 1, 2 a 3. V těchto podmínkách hraje somatosenzorický systém primární roli v posturální kontrole. Adolescenti jsou tedy schopni využít somatosenzorické vstupy stejně jako dospělí. Výsledky hypotézy H₀₈ potvrzují tento závěr. Steindl uvádí pro adolescenty srovnatelné výsledky s dospělými pouze pro podmínku 3, uvádí však stejný závěr pro využití somatosenzorického systému jako tato práce (Steindl et al., 2006, p. 481). Pokud blíže zkoumáme dosažená minima a maxima jednotlivých skupin (viz. tab. 1, s. 42), největší rozptyl hodnot nalézáme u skupiny dětí, z čehož můžeme usuzovat na větší variabilitu či nekonstattnost ve výběru a zvládnutí použité posturální strategie nebo modu kontroly. Hodnoty také mohou naznačovat, že autory popisovaný zvýšený psychomotorický neklid nastupuje dle našich výsledků až v druhé půlce puberty a časná puberta je spíše obdobím zklidnění. Druhá zkouška u SOT ukázala signifikantní rozdíl pouze mezi skupinou dětí a dospělých, mediány a rozptyl minima a maxima u dalších dvou

porovnávaných skupin jsou velmi blízké (viz. obr. 3, s. 43). Výsledky v této zkoušce se shodují s výsledky Ferber-Viart, který v rámci závislosti dětí především na zraku udává, že zkoušky alterující vizuální systém se projeví především u dětí (Ferber-Viart et al., 2007, p. 1045).

V posloupnosti všech podmínek jsou hodnoty Equilibrium Score uvnitř každé skupiny klesající, posturální stabilita se tedy u všech věkových skupin zhoršuje s rostoucí obtížností podmínek, mezi skupinami dosahují vždy nejnižších hodnot děti a nejvyšších dospělí. Stejně výsledky uvádí ve své studii Peterka (Peterka, Black, 1989, p. 17). Tento pokles hodnot mediánu Equilibrium Score je nejzřetelnější u skupiny dětí (8-10 let). Tento trend naznačuje v tomto věku stále ještě probíhající vývoj sensorické integrace, kdy tento nedokončený rozvoj limituje kvalitu posturálních funkcí. V hodnotách skupiny adolescentů jsou rozdíly ještě patrné, rozdíly skupiny dospělých v posledních dvou zkouškách jsou minimální. Podobně u prvních čtyř zkoušek, kdy je alterován žádný nebo jeden sensorický systém.

Zkouška 5 a 6 zkoumá intersenzorický konflikt (Riley, Clark, 2003, p. 47). Dle Woollacott a Shumwa-Cook je začátkem neboli přechodnou periodou věk 4 - 6 let, kdy se děti začínají v sensorické integraci přibližovat hodnotám dospělých. Kolem 10. roku jsou schopny dosáhnout plně stejných hodnot (Woollacott, Shumwya-Cook, 1985, p. 58). Nejdéle se vyvíjí integrace vjemů z vestibulárního ústrojí, o něco dříve pak somatosenzorické vstupy. Jak dokazují Peterka a Black, kdy posturografická studie ukázala vzrůst postural sway u dětí mlaších 7 - 8 let při vystavení konfliktu vizuálních a somatosenzorických vstupů (Peterka, Black, 1989, p. 2).

Pokud souhlasíme s tvrzením, že postural sway je projev neustálé řídicí činnosti CNS (Vařeka, 2002, s. 118; Kiemel, Oie, Jeka, 2002, p. 274; Lebedowska, Syczewska, 2000, p. 200), jsou pak signifikantně vyšší hodnoty postural sway (nižší hodnoty Equilibrium Score) u dětí a minimální rozdíly u adolescentů vůči dospělým známkou problému CNS se zavedením a realizací naplánované strategie.

Pokud se blíže podíváme na hodnoty jednotlivých tří pokusů u každé zkoušky SOT, vidíme, že jednotlivé pokusy u jedné osoby a jedné zkoušky ve většině nevykazují stoupající trend, což by odpovídalo motorickému učení a adaptaci na testované opakující se podmínky. Nejvyšší hodnoty vykazují vždy druhé pokusy ve skupině dětí a adolescentů, u dospělých jsou hodnoty mezi jednotlivými pokusy téměř vyrovnané. Tento trend může být vysvětlen obavami z nové situace u prvního pokusu, efektem adaptace a jisté míry motorického učení se zvýšenou koncentrací na již očekávaný typ úkolu při pokusu druhém a snížení koncentrace

z důvodu oznámení posledního pokusu a nástupem motorického neklidu a únavy z důvodu dlouhého trvání všech tří pokusů u pokusu posledního.

10.2.2 Hypotéza H₀₂

Neexistuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými jedinci v posturální strategii použité v šesti různých alteracích klidného vzpřímeného stoje u SOT.

Posturální strategie byla při testu SOT hodnocena parametrem Strategy Analysis. Jeho hodnoty jsou udávány pomocí skóre. Hodnotí typ strategie použité při udržování stability. Hodnota 100 znamená plné využití kotníkové strategie, hodnoty blízké nule pak využití kyčelní strategie. Biomechanický model předpokládá, že kombinace kyčelní a kotníkové strategie především v A-P směru je ke korekci posturálních disturbancí výhodnější. U mladších dětí bylo zjištěno větší využití kyčelní strategie u SOT (Rine, Rubish, Feeney, 1998, pp. 21-22). Rine prezentuje ve své studii vyšší procento kotníkové strategie u dospělých, než u starších a mladších dětí (Rine, Rubish, Feeney, 1998, p. 19-21). Naše výsledky souhlasí s výsledky studie. Byly prokázány minimální rozdíly mezi dětmi a adolescenty, ale signifikantní výsledky mezi dětmi a dospělými. Mann-Whitney U test prokázal signifikantně vyšší hodnoty měřeného parametru, tedy větší používání kotníkové strategie, u dětí ve srovnání s adolescenty pro měření za podmínek 1, 2 a 3. Dále byly prokázány signifikantně vyšší hodnoty posturální strategie u dospělých ve srovnání s adolescenty pro měření za podmínky 2 (viz. tab. 2, s. 45).

10.2.3 Hypotéza H₀₃

Při stoji na jedné DK existuje rozdíl v rychlosti posturálních titubací s otevřenýma a zavřenýma očima mezi skupinou adolescentů, dětí a dospělých.

Test Unilateral Stance hodnotí stabilitu stoje na jedné DK, hodnoceným parametrem byla rychlost posturálních titubací (Sway Velocity). Mann-Whitney U test prokázal u dětí signifikantně vyšší hodnoty měřených parametrů sway velocity ve srovnání s dospělými osobami. Dále byly prokázány signifikantně vyšší hodnoty parametrů LEO, REO, REC u adolescentů ve srovnání s dospělými osobami a signifikantně vyšší hodnoty parametru REO u dětí ve srovnání s adolescenty. Je tedy významný rozdíl v rychlosti výchylek COP pro testování u obou DK mezi skupinou dětí a dospělými v podmínce zavřených i otevřených očí a mezi skupinou adolescentů a dospělými v podmínce otevřených očí. Děti tedy mají signifikantně horší stabilitu ve stoji na jedné DK, než dospělí při otevřených i zavřených očích podobně adolescenti mají horší stabilitu, než dospělí ale pouze při otevřených očích. Při

zavřených očích byly hodnoty signifikantní pouze pro PDK. U dětí bychom proto mohli očekávat vyšší procento pádů a negativní ovlivnění hrubě motorických dovedností projevující se ve sportu a a pohybových volnočasových aktivitách. U adolescentů výsledky popírají, že by v období, kdy jsou již závislí na somatosenzorických vstupních informacích, mělo zavření očí zhoršit posturální kontrolu mnohem více díky somatickým změnám probíhajícím v tomto období, které nastavují nové podmínky pro kalibraci jednotlivých sensorických systémů. Výsledky však odpovídají tvrzení o objevení se neohrabaných pohybů s neadekvátním načasováním jednotlivých sekvencí, ztrácejících ladnost a plynulost (Křištofič, 2013, s. 19). Uvnitř každé skupiny je vidět zhoršení stability po zavření očí, které souvisí se zvýšením obtížnosti situace alterací jednoho systému (viz. tab. 3, s. 46). Signifikance jen pro jednu DK může souviset s dominancí končetin nebo také s malým vzorkem probandů.

Stoj na jedné DK je vhodnou podmínkou pro hodnocení změny rovnováhy, i přes skutečnost, že se jedná o statickou pozici, je to podmínka důležitá pro každodenní činnosti jako otáčení, chůze po schodech, oblékání a svlékání, překonávání překážek apod. Při chůzi znamená stoj na jedné DK schopnost udržet COM uvnitř malé báze opory. Tato pozice je spojena s větším rizikem pádu v běžném životě a zraněním při sportu. Při zaměření na rekreačně sportující část mladé populace (vrcholově sportující nejsou cílem této práce), bývá mechanismus poranění svalově kosterního systému nejčastější právě při pozici na jedné DK, ať už spojené s náhlou rotací, snížením rychlosti či akcelerací. U dětí a adolescentů bývá nejčastěji využíváno hodnocení časové závislosti, tedy času, po který jsou probandi schopni stoje na jedné DK (Humphriss et al., 2011, p. 111). Studie Humphriss ukazuje, že téměř 85 % tesovaných dětí ve věku 7-10 let bylo schopno udržet stoj na jedné DK po dobu 20 s (Humphriss et al., 2011, pp. 112-115). Mickle ve své studii hodnotil tento test mezi více diferencovanými věkovými skupinami. Výsledkem byl signifikantní rozdíl při stoju na jedné DK mezi skupinou ve věku 8 let a 10 let. Zároveň byly u skupiny ve věku 11-12 let naměřeny větší hodnoty rychlosti postural sway, než u skupiny ve věku 10 let (Mickle, Munro, Steele, 2011, p. 246). Naše výsledky ukazují opačné tendence. Porovnání mediánů hodnot výsledků k této hypotéze vidíme naopak zlepšování výsledků u každé zkoušky s věkem, stejně jako uvádí Zumbrunn ve své studii 47 dětí ve věku 4-18 let při testování stoje na jedné DK (Zumbrunn, MacWilliams, Johnson, 2011, p. 176). Časové hledisko hodnotí také Morioka, dle něj se schopnost udržet stoj na jedné DK v podmínce otevřených očí dramaticky zlepšuje u dětí v pozdním předškolním a časném školním období (6-10 let). Tento rozvoj je nelineární a opět klesá v období pozdního školního věku (10-12 let). Velké pozitivní rozdíly byly

zjištěny při podmínce zavřených očí mezi adolescenty (13-19 let) a dětmi školního věku (7-12 let). Skupina adolescentů také jako jediná dosáhla lepších výsledků při podmínce zavřených očí (Morioka et al., 2012, pp. 2-6). Při použití podmínky zavřených očí při stoji na jedné DK je situace posturálně velmi náročná a se zrakovou kontrolou i bez ní je časově závislá (Parreira et al., 2013, p. 636). Jeho studie ukazuje, že amplituda COP se zvyšovala v závislosti na prodlužujícím se čase u mladých i starších dospělých (Parreira et al., 2013, p. 637). Důležitost časového hlediska potvrzuje také Carpenter. Při testování mladých dospělých zjistil, že hodnoty posturality sway jsou výrazně nižší během prvních 15 s proti ostatním delším časovým úsekům (Carpenter, 2001, p. 37).

10.2.4 Hypotéza H₀₄

V parametrech limitů stability existuje rozdíl mezi dětmi, adolescenty a dospělými osobami.

Test Limits of Stability hodnotí schopnost vychýlení těžiště do osmi různých směrů. Hodnocenými parametry jsou Endpoint Excursion (EPE) udávaný v procentech, Maximum Excursion (MXE) v procentech, Reaction Time (RT) v sekundách, Movement Velocity (MVL) ve stupních za sekundu a Directional Control (DCL) v procentech (Borah et al., 2007, p. 398). Parametry EPE a MXE hodnotily u testu SOT vzdálenost dosaženou pohybem COP k určenému cíli. EPE je procentuální vzdálenost projekce horizontální dráhy COM po ideální přímce spojující počáteční pozici horizontálního COM k navrženému cíli. Hodnotí dosažení konečného bodu při prvním pokusu. Čím bližší je hodnota čísl 100, tím je výsledek lepší. Skóre je udáváno v procentech z této přímé dráhy. MXE je procentuálním vyjádřením projekce celkové horizontální dráhy COM po ideálně přímé lince ležící mezi iniciální pozicí a navrženým cílem. Čím blíže hodnotě 100, tím lepší je výsledek (Tesio et al., 2013, p. 366).

Naše výsledky ukazují statisticky významné rozdíly EPE ve směru šikmo vpravo vpřed mezi skupinou dětí a dospělých a pro směr šikmo vpravo vzad (viz. příloha 6, s. 101) mezi dětmi a dospělými a také mezi adolescenty a dospělými. Pro směr šikmo vlevo vzad byly zjištěny signifikantní hodnoty pouze v obecné rovině Kruscal-Wallisova testu, při použití cíleného Mann-Whitney U testu se signifikance nepotvrdila mezi žádnými skupinami. Velmi blízká signifikanci však byla hodnota pro směr vzad.

Druhý parametr Maximum Excursion (MXE) hodnotí maximální vychýlení COP v daném směru. Jedná se o procentuální vyjádření projekce celkové horizontální dráhy COM po ideálně přímé lince mezi iniciální pozicí a navrženým cílem. Čím blíže je hodnotě 100, tím je skóre lepší (Tesio et al., 2013, p. 366). Tento parametr byl vyhodnocen jako signifikantní

pro směr šikmo vzad vpravo mezi skupinou dětí a dospělých a pro směr šikmo vzad vlevo mezi skupinou dětí a adolescentů byla hodnota signifikantní opět pouze v rovině obecné, v konkretizaci Mann-Whitney U testem se mezi skupinami signifikance neprojevila. Celkově tedy můžeme vidět signifikantní rozdíly v přenosu váhy vzad, ať již šikmo k jedné ze stran nebo přímo vzad. Celkově byla vzdálenost ve všech směrech větší pro děti, než adolescenty, kromě směru šikmo vlevo vpřed, kde ale nacházíme jen minimální rozdíl a pro směr vpřed a šikmo vpřed měly děti vyšší hodnoty, než dospělí (viz. Tabulka 8, s. 47). Příčinou nejmenších limitů stability u adolescentů může být velký výškový přírůstek v krátkém časovém období a výsledky tak reflektují nedostačující přizpůsobení se novým somatickým poměrům, volené posturální strategie proto nejsou tak účinné. Výškový přírůstek může být spojen s již probíhajícím obdobím vazivové laxnosti a informace z receptorů v kloubech, vazech, šlachách a propiocepce tedy nejsou ještě plně souhlasné s aktivitou svalstva a vnímáním pohybu vlastního těla v prostoru. Děti mohou dosahovat největších hodnot právě díky menší výšce, která je pro pohyb těla představujícího obrácené kyvadlo biomechanicky výhodnější. Možnost ovlivnění hodnot exkurzí je modus posturální kontroly. V období adolescence by se měl opět dočasně objevit modus en Block. Omezení stupňů volnosti jednotky hlava-trup a kyčlí může negativně působit na možnost pohybu COM do extrémních poloh. U prepubertálních dětí by už měl být přítomen segmentární modus, který by spolu s menší výškou vysvětloval lepší hodnoty, než mají dospělí.

Třetím parametrem je Directional Control (DCL), který hodnotí kontrolu směru pohybu COP. Hodnoty ukazují procentuálně vyjádřenou vzdálenost od přímého směru. 100 % je přímý směr, hodnoty pod 100 % vykazují odchylky od přímé trajektorie (Kolářová, 2012, s. 11). Výsledky nám ukazují signifikantní rozdíly mezi dětmi a dospělými ve třech směrech - směr vpřed, vzad a šikmo vlevo vpřed a dále pak signifikantní rozdíly mezi adolescenty a dospělými opět ve třech směrech - šikmo vpravo vzad, vzad a šikmo vlevo vzad. Výsledky nejsou globální, ukazující na nižší schopnost dětí a adolescentů zachování přímosti pro všechny směry a tedy kvalitnějšího přenosu těžiště daným směrem, ale jsou spíše lokální poukazující na nejvíce problematický prostor (viz. tab. 7, s. 48). Výsledky vykazují celkové snížení přímosti směru pohybu pro všechny zadní směry, minimálně vyjádřené u dospělých a velmi výrazné u dětí a adolescentů. U dětí zjišťujeme největší rozdíly v dosaženém skóre v A-P směru, tedy vpřed a vzad. Tyto výsledky korelují se zjištěnými hodnotami u testu Rhythmic Weight Shift, kde právě v A-P směru byl pohyb COP signifikantně neproblematičtější u dětí a adolescentů proti dospělým. Signifikantně nižší jsou rozdíly mezi

adolescenty a dospělými pro tři směry pokrývající posteriorní prostor - tedy vzad, šikmo vpravo vzad a šikmo vlevo vzad (viz. obr. 4, s. 44). To může ukazovat na zvládnutí posunu těžiště vpřed a latero-laterálně během časně adolescence, ale stále ještě probíhající řešení posunu těžiště vzad. Jak udává Assaiante ve své kvalitativní teorii posturální kontroly, třetí perioda je obdobím od 7. roku, do věku zatím neohrazeného, která přechází do periody čtvrté-dospělosti. Ve třetí periodě je popisován návrat k segmentálnímu funkčnímu principu a organizace postury je descendentní. Nevíme, do kdy trvá, ale navazuje na období dospělosti, kdy dochází k získání schopnosti selektivní kontroly funkční jednotky hlava-trup. Organizace posturální kontroly v tomto období pracuje v kombinaci ascendentní a descendentní (Assaiante, Amblard, 1995, pp. 20-23). Naše výsledky, zahrnující skupinu 8-10 let a skupinu 11-13 let, mohou ukazovat právě na zachovanou přítomnost funkčního modelu en Block ve funkčně a organizačně nejproblematičtějších směrech přenosu těžiště. Znamenalo by to, že tyto perzistující zbytky en Block kontroly u jiných úkolů, než u posturálně extrémně náročných či rychlých, se projevují ještě u dětí ve věku 8-10 let. Hranice třetí periody dle Assaiante bychom umístili až za 10. rok dětí. Následně, že první je CNS zvládnut směr anteriorní. Ve věku 11-13 let ještě není plně zvládnuto využití segmentálního principu pro kontrolu postury stejné, jako u dospělých ve všech směrech.

V parametru MVL nebyly nalezeny signifikantní rozdíly mezi skupinami. Mediány hodnot ale ukazují, že nejnižších rychlostí pro všechny směry dosáhli adolescenti, hodnoty dětí a dospělých byly téměř podobné, s mírně lepší hodnotou dospělých (viz. tab. 4, s. 46). Lze předpokládat, že problém s akceptováním vizuálního feedbacku, který by se projevil menší rychlostí při dosahování cíle, by mohly mít menší děti do pěti let věku, kdy ještě není dokončen vývoj mozečku. Můžeme tedy říci, že parametr rychlosti přesunu těžiště k určenému cíli na základě vizuálního feedbacku se během pubertálního období signifikantně nemění.

Parametr RT vyšel signifikantní pouze pro směr 7, v dalším testování mezi skupinami nepotvrdil Mann-Whitney U test signifikanci mezi žádnými skupinami (viz. tab. 5, s. 47). Reakční čas tedy není mezi našimi skupinami signifikantně rozdílný. Mohli bychom očekávat prodloužení reakčního času u výrazně starších pacientů, kdy v pozdním věku dochází ke zpomalení reakcí CNS, ať už z důvodu somatických změn ovlivňujících exteroceptory, strukturálních změn v CNS nebo změn v senzorycké integraci.

10.2.5 Hypotéza H₀₅, H₀₆

Ve využití sensorického feedbacku v antero-posteriorním směru není rozdíl mezi zkoumanými skupinami.

Ve využití sensorického feedbacku v latero-laterálním směru není rozdíl mezi zkoumanými skupinami.

Test RWS hodnotí schopnost práce s těžištěm podle vizuálního feedbacku na obrazovce před pacientem. Schopnost na základě této zpětné vazby kopírovat pohyb bodu na obrazovce při dodržení jeho rychlosti a přímosti směru. Hodnocena je tedy rychlost COP v daném směru (On-Axis Velocity, OAV), antero-posteriorně a latero-laterálně, a schopnost kontroly směru (Directional Control, DC). Pro oba směry jsou testovány celkem tři rychlosti (Kolářová, 2012, s. 11). On-Axis Velocity je udávána ve stupních za sekundu a Directional Control v procentech z normy přímého směru (Borah et al., 2007, p. 398).

Pro latero-laterální směr Mann-Whitney U test prokázal u dětí signifikantně nižší hodnoty parametru DC v latero-laterálním směru pro 3. rychlost ve srovnání s dospělými osobami. Pro ostatní parametry nebyly mezi skupinami zjištěny signifikantní rozdíly. Pro hodnocení ve směru antero-posteriorním Mann-Whitney U test prokázal:

- signifikantně nižší hodnoty parametrů DC v antero-posteriorním směru pro rychlost 1, 2 a 3 u dětí ve srovnání s dospělými osobami,
- signifikantně nižší hodnoty parametrů DC v antero-posteriorním směru pro rychlost 1 a 2 u adolescentů ve srovnání s dospělými osobami a
- signifikantně nižší hodnoty parametru DC v antero-posteriorní směru pro rychlost 3 u dětí ve srovnání s adolescenty.

Pro parametr OAV nebyly mezi skupinami zjištěny signifikantní rozdíly.

Nebyl tedy rozdíl v rychlosti COP dle feedbacku na obrazovce mezi žádnými skupinami.

Výsledky ukazují, že všechny tři skupiny jsou téměř stejnou měrou schopny akceptovat a sledovat rychlost pohybujícího se bodu na obrazovce svým těžištěm (parametr OAV). Probandi jsou tedy schopni správného odhadu rychlosti, kterou vidí a interpretace stejné rychlosti svým těžištěm a to jak v předozadním, tak latero-laterálním směru (viz. tab. 10, s. 51). Tento výsledek může tedy znamenat, že odhad rychlosti pohybujícího se objektu je již u osmiletých dětí plně vyvinut. Což by mohlo hrát důležitou roli v bezpečnosti pohybu dětí v městském prostředí, kde je důležitým prvkem přítomnost dopravy. Tyto hodnoty se však vztahují pouze na 2D vizuální feedback. Hodnoty při použití vizuálního feedbacku pomocí bodu pohybujícího se v trojrozměrném prostředí nemusí být identické. Jedním z důvodů může

být právě vyzrávání sensorické integrace, která je dle našich výsledků rovna dospělým hodnotám už v adolescenci (10 - 13let), dle některých autorů však plně vyzrává až v pozdní pubertě (15-18 let) (Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 112-113).

Statistické zpracování také ukázalo signifikantní výsledky v kontrole přímosti přenosu těžiště daným směrem, opět na podkladě vizuálního feedbacku. Při hodnocení latero-laterálního směru byly hodnoty signifikantní pouze pro 3. zkoušku, tedy nejvyšší rychlost pohybu COP. Ve směru antero-posteriorním byly zjištěny signifikantní výsledky pro 1. pomalou rychlost mezi dětmi a dospělými a mezi adolescenty a dospělými. Pro 2. střední rychlost byly hodnoty signifikantní opět mezi dětmi a dospělými a mezi adolescenty a dospělými. Pro 3. nejvyšší rychlost byly zjištěny signifikantní hodnoty mezi dětmi a adolescenty a mezi dětmi a dospělými (viz. tab. 9, s. 50). Výsledky mohou ukazovat na skutečnost, že schopnost kontrolovat na základě vizuálního feedbacku kvalitu pohybu COP, tedy přesnou kontrolu přímého směru, latero-laterálně se objevuje ve vývoji dříve, než ta samá schopnost ve směru antero-posteriorním. Nabízí se zde možná podobnost s postnatálním vývojem vertikalizace a chůze. V období vertikalizace se ze stoje nejdříve vyvíjí chůze ve frontální rovině (ipsilaterální lokomoční model), na ni pak navazuje samostatná bipedální chůze (Kolář et al., 2009, ss. 104-105). Je tedy nejprve zvládnut přesun těžiště latero-laterálně a až poté probíhá zvládání pohybu k cíli v prostoru, tedy v antero-posteriorním směru. Je tedy možné, že tento vývojový model se opakuje v období před pubertou a v pubertě, na podkladě dozrávání sensorické integrace a tím učení se plného využití vizuálního feedbacku, který znamená přenos informace viděné na výstupní informaci somatosenzorickou a vestibulární.

Při testu je nutné převést informace o pohybu vzhůru a dolů z 2D obrazu na pohyb těla (COM) vpřed a vzad v 3D prostoru. U tohoto dílčího testu RWS je vhodné uvést výsledky sledování provedení testu u mladší a pubertální skupinou dětí, které se váží právě na schopnost převedení těchto nesouhlasných informací. Skupina prepubertálních dětí (tedy nejmladší část ze všech probandů) řešila problém převedení pohybu z dola nahoru a opačně ve 2D projekci na obrazovce na pohyb těžiště v antero-posteriorní v prostoru stejnou strategií. A to i přes předchozí vysvětlení tohoto problému a krátký nácvik. Zvolenou strategií byla stálá extenze v kolenou s minimálním pohybem v hleznech a pohyb dle záznamu na obrazovce byl řešen flexí a extenzí v kyčlích s variabilní kombinací hlubokého předklonu a extenze trupu a C páteře. Méně užívanou strategií pak byla kombinace výponu na špičkách s co největším napřímením celého trupu a hlavy a celkovou flexí postury. Tato nejmladší skupina předvedla nejčastěji první strategii téměř ve všech případech. Ve skupině adolescentů

se první zmíněná strategie objevila také, ale pouze v několika případech a po několika prvních opakováních pohybu byla upravena na přesun těžiště vpřed a vzad. U dospělých se tato strategie nevyskytovala.

10.2.6 Hypotéza H₀₇

Existuje souvislost mezi výškou probanda a hodnotou posturálních titubací v klidném stoji a stoji na jedné DK.

Tato hypotéza byla zkoumána pomocí hodnot Equilibrium Score testu SOT a Sway Velocity testu Unilateral Stance porovnávaných s výškou. Spearmanova korelační analýza prokázala středně silnou pozitivní korelaci mezi tělesnou výškou a hodnotou Equilibrium Score u vzpřímeného stoje s otevřenými očima (podmínka E1, $r = 0,589$) a klidného stoje se zavřenými očima (podmínka E2, $r = 0,508$). Dále byla prokázána středně silná negativní korelace mezi tělesnou výškou a parametry Sway Velocity u testu Unilateral Stance pro obě dolní končetiny v podmínce zavřených očí (LEC, $r = -0,493$; REC, $r = -0,645$). Silná negativní korelace byla prokázána opět v parametru Sway Velocity u testu Unilateral Stance mezi tělesnou výškou a parametry pro podmínku otevřených očí (LEO, $r = -0,718$; REO, $r = -0,715$) (viz. tab. 11, s. 52).

Výška, jako parametr ovlivňující hodnoty postural sway, byla vybrána z důvodu předpokladu působení výšky jako jednoho z biomechanických faktorů ovlivňujících rovnováhu. Lidské tělo je popisováno jako obrácené kyvadlo, labilní díky biomechanickým prvkům vysoko položeného těžiště nad malou opornou bazí (Massion, 1992, p. 46). S druhým akceleračním obdobím v pubertě, lze očekávat s rostoucí výškou probandů (prepubertální skupina - průměrná výška 136,45 cm, adolescenti průměrná - výška 161,45 cm a dospělí - průměrná výška 170,80 cm) (viz. příloha 1, 2 a 3, ss. 96, 97, 98) vertikální zvyšování polohy COM vzhledem k podložce a tím snížení stability lidského těla v pojetí modelu obráceného kyvadla. Ke snížení stability v souvislosti s výškou může přispět také předpoklad růstu každého tělesného segmentu, kdy Haywood a Magarey ukazuje ve své studii neproporcionální růst jednotlivých tělesných segmentů, jak v rámci jednoho jedince, tak také rozdílně u dívek a chlapců. Tyto rozdíly pak v dospělosti vytvářejí typicky mužský a typicky ženský typ postavy (Haywood, Getchell, 2009, pp. 59-60; Magarey et al., 2007, pp. 143-144). Faktory změny délky segmentů, neproporcionality těchto změn v celém těle, změna těžiště segmentů, změna polohy těžiště těla mohou přispět ke snížení posturální stability v období adolescence.

Dalším faktorem je velikost chodidla, která v této práci zkoumána nebyla, bylo by zajímavé ji zařadit v dalších experimentech. Má, stejně jako výška, vtaž k modelu obráceného kyvadla. Kdy je přímá úměra mezi velikostí opěrné báze a stabilitou. Větší chodidlo k menší výšce by znamenalo lepší posturální stabilitu. V tomto názoru se ale studie liší, Chiari tento předpoklad nepotvrzuje, Habib zjistil, že s rostoucí délkou chodidla dětí je spojena lepší rovnováha (Habib, Westcott, 1998, p. 107; Chiari, Rocchi, Cappello, 2002, p. 674).

10.2.7 Hypotéza H₀₈

Je rozdíl v preferenci sensorických systémů u testu SOT mezi zkoumanými skupinami.

Test SOT nám umožňuje výběrem určitých testovaných zkoušek zaměření na jednotlivé sensorické systémy. Somatosenzorický systém je hodnocen především ve zkoušce 2, vizuální ve zkoušce 4, vestibulární ve zkoušce 5 a preference systému pak u zkoušek 3 a 6. Výsledkem je parametr Sensory Analysis hodnotící využívání sensorických systémů během celého testování. Hodnoty jsou udávány v procentech z plného využití (100 %).

Pokud dojde k sensorické změně okolí, je nutné, aby došlo ke znovu zhodnocení relativní váhy jednotlivých přicházejících sensorických vstupů a relativní závislosti na každém z nich. Výsledkem je výběr toho nejvýpovědnějšího pro danou situaci (Horak, 2006, p. 9). Tento výběr závisí také na míře vývoje posturální kontroly, která má vliv na to, které sensorické vstupy je jedinec schopen ve svém daném věku plně využít a integrovat s ostatními vstupy. Horak uvádí, že u zdravých dospělých jedinců je závislost na somatosenzorickém systému 70 %, na zraku 10 % a na vestibulárním systému 20 % (Horak, 2006, p. 9).

Mann-Whitney U test prokázal, že děti signifikantně méně preferují vizuální a vestibulární sensorický systém ve srovnání s dospělými osobami. V preferenci somatosenzorického systému nebyl mezi porovnávanými skupinami zjištěn signifikantní rozdíl. Z hodnot box grafů můžeme vidět, že dle zjištěných hodnot jsou děti nejvíce závislé na somatosenzorickém systému. V jeho využití jsou hodnoty všech tří sledovaných skupin sice se stoupajícím trendem, ale velmi blízké. Skupina dětí je zároveň velmi nekonstatní v naměřených hodnotách této závislosti a s velkým rozptylem hodnot (viz. tab. 12, s. 53). Nejmenší závislost vykazují děti na systému vestibulárním, což potvrzují studie Hirabayashi a Cherng, z jejich výsledků vyplývá, že integrace vestibulárních vstupů se vyvíjí nejpomaleji a ještě v 15. roce není plně vyvinuta na úroveň dospělých. Také rozdíly mezi hodnotami využití sensorických systémů v rámci jedné věkové skupiny jsou u dětí největší, skupina

adolescentů a dospělých má zastoupení sensorických systémů více vyrovnané a neupřednostňují výrazně jeden ze systémů (Hirabayashi, Yuuji, 1995, pp. 113; Cherng, Lee, Su, 2003, pp. 512).

10.3 Limity práce

Při návrhu experimentu, který je součástí DP, jsem si byla vědoma určitých limitů práce. Hlavním limitem bylo, že nejsme schopni dosáhnout plně homogenní skupiny probandů, především v oblasti genetických pohybových predispozic, spektru zvládnutých a prováděných sportovních aktivit, mírou osvojených pohybových dovedností daných rodinným zázemím a stejných tělesných proporcích daných poměrem výšky a váhy těla. Provádění měření bylo limitováno ochotou rodičů investovat svůj volný čas a provázet dítě na měření do laboratoře. Výraznou limitací pro získání obsáhlejšího vzorku byla povinná školní docházka dětí, která limitovala čas měření. Nejproblematičtější částí se ukázala pracovní doba rodičů dětí, vzhledem k nutnosti účasti na měření s dítětem v konfrontaci s provozní dobou kineziologické laboratoře. A dále samozřejmě velmi malá ochota rodičů k účasti na měření. Hlavní roli zde hrál pravděpodobně fakt, že všechny měřené dívky byly zdravé, měření se tedy nevztahovalo na odhalení a objektivizaci somatických obtíží, dyskomfortu či nemoci a nenásledovala léčebná část, ze které by dívky profitovaly a která by byla motivačním prvkem pro účast na měření.

10.4 Východiska pro praxi

Výsledky této práce mohou pomoci objasnit vývoj posturální stabilizace mezi osmým rokem a dospělostí, kde u jejího vývoje zatím nepanuje jednotný názor. Díky objektivizaci těchto změn a jejich potvrzení dalšími studii je pak předpoklad pro nastavení testování pubertálních dětí pomocí klinických testů. Při potvrzení předpokladu, že posturální stabilizace u adolescentů je již stejná jako u dospělých, využití senzorických systémů a míra senzorické integrace je také stejná je nutné použít adekvátní klinické testy, tedy testy používané pro dospělé, nikoliv pro děti. Objektivizace změn v tomto období může dále pomoci určit, kdy v terapii dětí zařadit terapii s využitím feedbacku a kdy je již možno zařadit také terapii s využitím feedforward, protože vývoj posturální stabilizace je již ve stádiu, kdy je schopen tyto vstupy registrovat, zpracovat je a vytvořit adekvátní posturální odpověď.

Důležitý význam má objektivizace změn v tomto období u dětí s mnoha typy motorických dysfunkcí. Pro správnou léčbu je třeba znát fyziologický stav. Tyto děti mají problém s posturální stabilizací a ten se promítá do všech pováděných pohybů. Zlepšení posturální kontroly vsedě nebo stojí a vytvoření kvalitního punctum fixum pro pohyby HKK (dosah k předmětům) a DKK (chůze, samostatnost, soc. participace) je základem pro ostatní pohyby.

11 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit, zda se liší parametry hodnotící kvalitu posturálních funkcí u dětí prepubertálních, dětí v pubertě a kontrolní skupiny dospělých. Výzkumné šetření probíhalo formou čtyř posturografických testů – Sensory Organization Test, Unilateral Stance, Limits of Stability a Rhythmic Weight Shift, které hodnotily statické a dynamické parametry posturální kontroly.

Teoretická část se ve stručném přehledu zabývá pubertálním obdobím, posturální kontrolou a vlivem pohybových návyků na kvalitu postury. Dále se zabývá charakteristikou puberty, hodnocením změn v tomto období v oblasti hormonální, nervové a svalově-kosterní soustavy. Předkládá teorie řízení posturální kontroly, teorie vývoje posturální kontroly od narození po dospělost, parametry používané pro její hodnocení a vývoj využívání sensorických informací během ontogeneze. V empirické části se práce zabývá popisem samotného výzkumu a získaných dat, hodnocením hypotéz, diskuzí nad praktickou a teoretickou částí práce. Dále se vyjadřuje ke konfrontaci s výsledky autorů dostupných studií zkoumané téma.

Cíle diplomové práce bylo dosaženo. Statistické vyhodnocení výsledků testů ukázalo významně horší posturální stabilizaci dětí a adolescentů, než dospělých v podmínkách klidného stoje se zachováním všech sensorických vstupů (podmínka 1), při alteraci somatosenzorických vstupů samostatně a v kombinaci s alterací vizuálních podnětů (podmínky 4, 5, 6). Samostatná alterace vizuálního systému ukázala signifikantně horší stabilizaci dětí proti dospělým. Hodnoty analýza posturální strategie ukázaly převahu využívání kotníkové strategie u všech testovaných skupin, signifikantně větší schopnost kombinace využití kotníkové a kyčelní strategie byla zjištěna u adolescentů, než u dětí v podmínkách 1, 2 a 3 a stejné výsledky mezi adolescenty a dospělými v podmínce 2. Stoj na jedné DK prokázal signifikantně horší posturální stabilizaci dětí v porovnání s dospělými s otevřenými i zavřenými očima a významně horší posturální stabilizaci adolescentů, než dospělých při otevřených očích. Výsledky testování limitů stability neukázalo žádné významné výsledky mezi skupinami pro reakční čas a rychlost pohybu COP k cíli. V dosažených exkurzích COP určujících limity stability dosáhly při srovnání dětí a dospělých významně kratších vzdáleností vychýlení COP děti ve směrech 2 a 4 a při srovnání adolescentů a dospělých dosáhli adolescenti významně kratší vzdálenosti pro směr 4. Pro limity stability, tedy vzdálenost exkurze COP k danému cíli nebyly zjištěny významné rozdíly mezi testovanými skupinami, které by svědčily pro celkové rozdíly ve schopnosti volního

pohybu COP do extrémních pozic, tedy v pomyslném konu, který tyto vzdálenosti tvoří a který charakterizuje limity stability. Kontrola směru pohybu COP k danému cíli na základě feedbacku byla významně horší u dětí proti dospělým v anteriorním, zadním a předním šikmém směru (směr 1, 5 a 8) a významně horší u adolescentů proti dospělým ve všech posteriorních směrech (směry 4, 5 a 6). Testování dynamického přenosu těžiště na základě feedbacku neprokázalo významný rozdíl v rychlosti pohybu COP v ose pohybu při srovnání s feedbackem v latero-laterálním ani antero-posteriorním směru mezi skupinami. Byla zjištěna významně horší kontrola směru dětí proti dospělým u třetí rychlosti v latero-laterálním směru a u všech tří rychlostí v antero-posteriorním směru. V antero-posteriorním směru dále významně horší kontrola směru adolescentů proti dospělým pro první dvě rychlosti a horší kontrola směru dětí proti adolescentům pro třetí rychlost. Dále bylo zjištěno, že děti při posturální stabilizaci preferují méně než dospělí vizuální a vestibulární systém. V preferencích somatosenzorického systému nebyly zjištěny významné rozdíly mezi skupinami. Dále byla zjištěna středně silná pozitivní korelace mezi výškou a stojem na obou DKK se zavřenými i otevřenými očima, středně silná negativní korelace mezi výškou a stojem na jedné DK se zavřenými očima a silná negativní korelace mezi výškou a stojem na jedné DK s otevřenými očima.

12 Referenční seznam

ASSAIANTE, Ch. Building of action and representation of action during infancy, childhood and adolescence. *BIO web of conferences* [online]. 2011, vol. 1, no. 5, pp. 1–4 [cit. 14. 10. 2014]. ISSN 2117-4458. Dostupné z: http://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2011/01/bioconf_skills_00005.pdf

ASSAIANTE, Ch. Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* [online]. 1998, vol. 22, no. 4, pp. 527–532 [cit. 1. 3. 2014]. doi:10.1016/S0149-7634(97)00040-7. Dostupné z: <http://posturodoc.org/conferences/conference-Assaiante-26-11-2010/Assaiante1998.pdf>.

ASSAIANTE, Ch., AMBLARD, B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science* [online]. 1995, vol. 14, no. 1, pp. 13–43 [cit. 16. 8. 2014]. doi:10.1016/0167-9457(94)00048-J. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/016794579400048J/1-s2.0-016794579400048J-main.pdf?_tid=3e918d46-9397-11e4-84a8-00000aab0f27&acdnat=1420324032_1e3e3b40ef062244123d9349a36b025d

ASSAIANTE, Ch., MALLAU, S., VIEL, S., JOVER, M., SCHMOTZ, Ch. Development of Postural Control in Healthy Children: A Functional Approach. *Neural Plasticity* [online]. 2005, vol. 12, no. 2–3, pp. 109–118 [cit. 21. 11. 2014]. doi:10.1155/NP.2005.109. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/np/2005/523497/cta/>

BAIR, W. N., KIEMEL, T., JEKA, J. J., CLARK, J. E. Development of multisensory reweighting for posture control in children. *Experimental Brain Research* [online]. 2007, vol. 183, no. 4, pp. 435–446 [cit. 13. 11. 2013]. doi: 10.1007/s00221-007-1057-2. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2720682/>

BAKER, J. L., OLSEN, L. W., SØRENSEN, T. I. A. Childhood body - mass index and the risk of coronaryheart disease in adulthood. *The new England Journal of Medicine* [online]. 2007, vol. 357, no. 23, pp. 2329–2337 [cit. 6. 3. 2015]. ISSN 357-2329-37. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3062903/pdf/nihms-49572.pdf>

BITAR, A., VERNET, J., COURDET, J., VERMOREL, M. Longitudinal changes in body composition, physical capacities and energy expenditure in boys and girls during the onset of puberty. *European Journal of Nutrition* [online]. 2000, vol. 39, no. 4, pp. 157–163 [cit. 29. 8. 2014]. ISSN 1436-6215. Dostupné z: http://download-v2.springer.com/static/pdf/130/art%253A10.1007%252Fs003940070019.pdf?token2=exp=1430434166~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F130%2Fart%25253A10.1007%25252Fs003940070019.pdf*~hmac=b22737c2653e0fedae867c624e3804241f608a7a7a253da92149940185c750e6

BLAKEMORE, S. J., BURNETT, S., DAHL, R. E. The role of puberty in the developing adolescent brain. *Human brain mapping* [online]. 2010, vol. 31, no. 6, pp. 926–933 [cit. 2. 12. 2014]. doi:10.1002/hbm.21052. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3410522/>

BORAH, D., WADHWA, S., SINGH, U., YADAV, S. L., BHATTACHARJEE, M. Age related changes in postural stability. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology* [online]. 2007, vol. 51, no. 4, pp. 395–404 [cit. 14. 11. 2014]. ISSN 0019-5499. Dostupné z: http://www.ijpp.com/IJPP%20archives/2007_51_4/395-404.pdf

BRAMEN, J. E., HRANILOVICH, J. A., DAHL, R. E., FORBES, E. E., CHEN, J., TOGA, A. W., DINOV, I. D., WORTHMAN, C. M., SOWELL, E. R. Puberty Influences Medial Temporal Lobe and Cortical Gray Matter Maturation Differently in Boys Than Girls Matched for Sexual Maturity. *Cerebral Cortex* [online]. 2010, vol. 21, no. 3, pp. 636–646 [cit. 8. 2. 2014]. doi:10.1093/cercor/bhq137. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3041011/pdf/bhq137.pdf>

BRECELJ, J. From immature to mature pattern ERG and VEP. *Documenta Ophthalmologica* [online]. 2003, vol. 107, no. 3, pp. 215–224 [cit. 12. 10. 2014]. ISSN 1573-2622. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1023/B:DOOP.0000005330.62543.9c#page-1>

BRESSEL, E., YONKER, J. C., KRAS, J., HEATH, E. M. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training* [online]. 2007, vol. 42, no. 1, pp. 42–46 [cit. 25. 10. 2014]. ISSN 1938-162X.

Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1896078/pdf/i1062-6050-42-1-42.pdf>

CRAGGS, Ch., CORDER, K., VAN SLUIJS, E. M. F., GRIFFIN, S. J. Determinants of Change in Physical Activity in Children and Adolescents. *American Journal of Preventive Medicine* [online]. 2011, vol. 40, no. 6, pp. 645–658 [cit. 1. 11. 2014]. doi: 10.1016/j.amepre.2011.02.025. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3100507/>

COHEN, H., HEATON, L. G., CONGDON, S. L., JENKINS, H. A. Changes in Sensory organization test scores with age. *Age and ageing* [online]. 1996, vol. 25, no. 1, pp. 39–44 [cit. 14. 12. 2014]. doi: 10.1093. Dostupné z: <http://ageing.oxfordjournals.org/content/25/1/39.long>

COLNÉ, P., FRELUT, M. L., PÉRES, G., THOUMIE, P. Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. *Gait & Posture* [online]. 2008, vol. 28, no. 1, pp. 164–169 [cit. 2. 1. 2015]. doi:10.1016/j.gaitpost.2007.11.006. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096663620700272X>

CUMBERWORTH, V. L., PATEL, N. N., ROGERS, W., KENYON, G. S. The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology & Otology* [online]. 2007, vol. 121, no. 5, pp. 449–545 [cit. 25. 8. 2014]. ISSN 1748-5460. Dostupné z: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FJLO%2FJLO121_05%2FS0022215106004051a.pdf&code=727c98796406664228e851f47f408cbf

ČELIKOVSKÝ, S., BLAHUŠ, P., CHYTRÁČKOVÁ, J., KATA, J., KOHOUTEK, M., KOVÁŘ, R., MĚKOTA, K., STRAŇÁI, K., ŠTĚPNIČKA, J. 1990. *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. 3. vyd., Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. ISBN 80-04-23248-5. 288 s.

DEITZ, J. C., KARTIN, D., KOPP, K. Review of the Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency, second edition (BOT-2). *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics* [online]. 2007, vol. 27, no. 4, pp. 87–102 [cit. 12. 11. 2014]. doi: 10.1080/J006v27n04_06.

Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=980e418d-a47f-471f-8768-9bdaec7fe8ee%40sessionmgr4001&vid=0&hid=4214>

D'HONDT, E., DEFORCHE, B., DE BOURDEAUDHUIJI, I., GENTIER, I., TANGHE, A., SHULTZ, S., LENOIR, M. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clinical Biomechanics* [online]. 2011, vol. 26, no. 1, pp. 84–89 [cit. 29. 11. 2013]. ISSN 1879-1271. Dostupné z: <http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033%2810%2900227-5/fulltext>

DORN, L. D., BIRO, F. M. Puberty and It's Measurement: A Decade in Review. *Journal of Research in Adolescence* [online]. 2011, vol. 21, no. 1, pp. 180–195 [cit. 3. 12. 2014]. doi: 10.1111/j.1532-7795.2010.00722.x. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1532-7795.2010.00722.x/pdf>

DYLEVSKÝ, I. 2007. *Obecná kineziologie*. 1. vyd., Praha: Grada publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1649-7. 187 s.

FARALDO-GARCÍA, A., SANTOS-PÉREZ, S., CRUJEIRAS-CASAI, R., LABELLA-CABALLERO, T., SOTO-VARELA, A. Influence of age and gender in the sensory analysis of balance control. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [online]. 2012, vol. 269, no. 2, pp. 637–677 [cit. 8. 1. 2015]. ISSN 1434-4726. Dostupné z: http://download-v2.springer.com/static/pdf/579/art%253A10.1007%252Fs00405-011-1707-7.pdf?token2=exp=1430396487~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F579%2Fart%25253A10.1007%252Fs00405-011-1707-7.pdf*~hmac=acbdb86a7fa1124f3dd7186fcdd49036ac93134e0e42ec5cb93de6e0faea1270

FEDRIZZI, E. 1994. *Motor development in children*. 2. vyd., London: John Libbey and Company Ltd, 1994. ISBN 0 86196 448 9.

FERBERT-VIART, C, IONESCU, E, MORLET, T, FROEHLICH, P, DUBREUIL, C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: Maturation and normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* [online].

2007, vol. 71, no. 7, pp. 1041–1046 [cit. 28. 2. 2014]. doi:10.1016/j.ijporl.2007.03.01.
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165587607001164>

FIGURA, F., CAMA, G., CAPRANICA, L., GUIDETTI, L., PULEJO, C. Assessment of static balance in children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. 1991, vol. 31, no. 2, pp. 235–242 [cit. 13. 12. 2014]. ISSN 1303 – 2968. Dostupné z: http://www.researchgate.net/publication/21401521_Assessment_of_static_balance_in_children

FORSSBERG, H., NASHNER, L. M. Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. *The Journal of Neuroscience* [online]. 1982, vol. 2, no. 5, pp. 545–552 [cit. 7. 10. 2014]. ISSN 0270~6474/82/0. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/content/2/5/545.full.pdf+html>

GARCIA, C., BARELA, J. A., VIANNA, A. R., BARELA, A. M. F. Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neuroscience Letters* [online]. 2010, vol. 492, no. 1, pp. 29–32 [cit. 7. 10. 2014]. doi:10.1016/j.neulet.2011.01.047. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394011000930>

GELDHOF, E., CARDON, G., DE BOURDEAUDHUIJI, I., DANNEELS, L., COOREVITS, P., VANDERSTRAETEN, G., DE CLERCQ, D. Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. *European Journal of Pediatrics* [online]. 2006, vol. 165, no. 11, pp. 779–786 [cit. 11. 11. 2013]. ISSN 1432-1076. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00431-006-0173-5>

GIEDD, J. N. Linking Adolescent Sleep, Brain Maturation, and Behavior. *Journal of Adolescent Health* [online]. 2009, vol. 45, no. 4, pp. 319–320 [cit. 26. 7. 2014]. doi:10.1016/j.jadohealth.2009.07.007. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3018343/>

GIEDD, J. N., BLUMENTHAL, J., JEFFRIES, N. O., CASTELLANOS, F. X., LIU, H., ZIJDENBOS, A., PAUS, T., EVANS, A. C., RAPOPORT, J. L. Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience* [online]. 1999,

vol. 2, no. 10, pp. 861–863 [cit. 8. 11. 2014]. doi:10.1038/13158 Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=96da5cce-c60e-4fd3-b112-38b4e5ae91d3%40sessionmgr4004&vid=0&hid=4206>

GODDINGS, A. L., MILLS, K. L., CLASEN, L. S., GIEDD, J. N., VINER, R. M., BLAKEMORE, S. J. The influence of puberty on subcortical brain development. *NeuroImage* [online]. 2014, vol. 88, pp. 242–251 [cit. 4. 10. 2014]. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.09.073 Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1053811913010094/1-s2.0-S1053811913010094-main.pdf?_tid=7e3fd79e-9339-11e4-a768-00000aacb361&acdnat=1420283766_ef91de1edbf22a5e257cf6622d1075f4

GODOI, D., BARELA, J. A. Body Sway and Sensory Motor Coupling Adaptation in Children: Effects of Distance Manipulation. *Developmental Psychobiology* [online]. 2008, vol. 50, no. 1, pp. 77–87 [cit. 25. 9. 2014]. doi: 10.1002/dev.20272. Dostupné z: http://www2.fc.unesp.br/livia/pdfs/3_br.pdf

HAAS, G., DIENER, H. C., BACHER, M., DICHGANS, J. Development of postural control in children: short-, medium- and long latency EMG responses of leg muscles after perturbation of stance. *Experimental Brain Research* [online]. 1986, vol. 64, pp. 127–132 [cit. 16. 12. 2014]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00238208#page-1>

HABIB, Z., WESTCOTT, S. Assessment of anthropometric factors on balance tests in children. *Pediatric Physical Therapy* [online]. 1998, vol. 10, no. 3, pp. 101–109 [cit. 22. 3. 2015]. ISSN 0898-5669- Dostupné z: http://journals.lww.com/pedpt/Abstract/1998/01030/Assessment_of_Anthropometric_Factors_on_Balance.3.aspx

HADDERS – ALGRA, M., CARLBERG, E. B. 2008. *Motor Control: A key issue in developmental disorders*. London: Mac Keith Press. 2008. ISBN 978-1-898683-57-5.

HATZITAKI, V., ZISSI, V., KOLLIAS, I., KIOUMOURTZOGLOU, E. Perceptual - motor contributions to static and dynamic balance control in children. *Journal of Motor Behavior*

[online]. 2002, vol. 34, no. 2, pp. 161–170 [cit. 17. 9. 2014].
doi: 10.1080/00222890209601938. Dostupné z:
<http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=c6e0bd08-b013-4ddb-a32a-92dd533d1d80%40sessionmgr4001&vid=1&hid=4211>

HAY, L., REDON, C. Feedforward versus feedback control in children and adults subjected to a postural disturbance. *Experimental Brain Research* [online]. 1999, vol. 125, no. 2, pp. 153–162 [cit. 18. 9. 2014]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: http://download-v2.springer.com/static/pdf/940/art%253A10.1007%252Fs002210050670.pdf?token2=exp=1430403529~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F940%2Fart%25253A10.1007%25252Fs002210050670.pdf*~hmac=97e25a5e0d26d0737cf1f1c0044a51b361c22dc62ff17bcf7d208860b1def312

HAYWOOD, K., GETCHELL, N. 2009. *Life Span Motor Development*. 5. vyd, Illinois: Human Kinetics, 2009. ISBN 978-0-7360-7552-7.

HIRABAYASHI, S., YUUI, I. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain & Development* [online]. 1995, vol. 17, no. 2, pp. 111–113 [cit. 28. 2. 2014]. ISSN 0387-7604/95. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/038776049500009Z>

HORAK, F. B. Clinical assessment of balance disorders. *Gait & Posture* [online]. 1997, vol. 6, no. 1, pp. 76–84 [cit. 20. 11. 2013]. ISSN 0966-6362/97. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636297000180/1-s2.0-S0966636297000180-main.pdf?_tid=5bd8be76-c50e-11e4-82da-00000aab0f01&acdnat=1425762798_920663e5cec89efcc43daf74f41185c1

HORAK, F. 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, no. 2, pp. 7–11 [cit. 7. 10. 2014]. ISSN 1468-2834. Dostupné z:
http://ageing.oxfordjournals.org/content/35/suppl_2/ii7.full.pdf+html

HUE, O., SIMONEAU, M., MARCOTTE, J., BERRIGAN, F., DORÉ, J., MARCEAU, P., MARCEAU, S., TREMBLAY, A., TEASDALE, N. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture* [online]. 2007, vol. 26, no. 1, pp. 32–38 [cit. 3. 2. 2015].

ISSN 0966-6362. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636206001470/1-s2.0-S0966636206001470-main.pdf?_tid=8e89f876-be8d-11e4-a3c0-00000aacb361&acdnat=1425047772_55eda118652d4d2dbd0a0d7ed3f8f3f9

HUMPHRISS, R., HALL, A., MAY, M., MACLEOD, J. Balance ability of 7 and 10 year old children in the population: Results from a large UK birth cohort study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* [online]. 2011, vol. 75, pp. 106–113 [cit. 11. 12. 2014]. ISSN 0165-5876. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165587610004866#>

HOWERTON, K. A comparison of postural stability in gymnasts, volleyball players and non-athletes. *University of Northern Colorado Undergraduate Research Journal: McNair Scholars Edition* [online]. 2013, vol. 3, no. 2, pp. 164–176 [cit. 25. 11. 2014]. ISSN nedostupné. Dostupné z: <http://journals.sfu.ca/urjnc/index.php/urjnc/article/view/123/172>

CHERNG, R., LEE, H. - Y., SU, F. Frequency spectral characteristics of standing balance in children and young adults. *Medical Engineering & Physics* [online]. 2003, vol. 25, no. 6, pp. 509–515 [cit. 30. 9. 2014]. ISSN 1350-4533. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/216785584?accountid=16730>

CHIARI, L., ROCCHI, L., CAPPELLO, A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics* [online]. 2002, vol. 17, no. 9-10, pp. 666–667 [cit. 22. 2. 2015]. ISSN 0268-0033. Dostupné z: <http://bertec.com/uploads/pdfs/papers/Clinical%20Biomechanics/Chiari-Clinical%20Biomechanics-2002.pdf>

CHUGANI, H. T. A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Preventive Medicine* [online]. 1998, vol. 27, no. 2, pp. 184–188 [cit. 13. 11. 2014]. doi:10.1006/pmed.1998.0274 Dostupné z: <http://neur2201.unsw.wikispaces.net/file/view/critical+period.pdf>

KIEMEL, T., OIE, K. S., JEKA, J. J. Multisensory fusion and the stochastic structure of postural sway. *Biological Cybernetics* [online]. 2002, vol. 87, no. 4, pp. 262–277

[cit. 6. 12. 2014]. ISSN 1432-0770. Dostupné z:
<http://e.guigon.free.fr/rsc/article/KiemelEtAl02.pdf>

KIRSHENBAUM, N., RIACH, C. L., STARKES J. L. Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental Brain Research* [online]. 2001, vol. 140, no. 4, pp. 420–431 [cit. 18. 2. 2014]. ISSN 1432-1106. Dostupné z:
<http://link.springer.com/article/10.1007/s002210100835#page-1>

KOCHANOWICZ, K., KUCHARSKA, E. Body balance in children aged 11-13 years and the process of physical education. *Polish Journal of Sport and Tourism* [online]. 2010, vol. 17, no. 2, pp. 87–96 [cit. 2. 3. 2015]. ISSN 1899-1998. Dostupné z: http://pjst.awf-bp.edu.pl/download/Pol_J_Sport_Tourism_17_pp87-96.pdf

KOLÁŘ, P. et al. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd, Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

KOLÁŘOVÁ, B. 2012. *Přístrojové vyšetřovací metody k hodnocení pohybu v klinické praxi*. 1. vyd, Olomouc: EZ Centrum s.r.o., 2012. ISBN 978-80-260-1645-8.

KRIŠTOFIČ, J. 2006. *Pohybová příprava dětí*. 1. vyd., Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1636-4.

KUČERA, M., KOLÁŘ, P., DYLEVSKÝ I. 2011. *Dítě, sport a zdraví*. 1. vyd., Praha: Galén, 2010. ISBN 978-80-7262-712-7.

LEBIEDOWSKA, M. K., SYCZEWSKA, M. Invariant sway properties in children. *Gait & Posture* [online]. 2000, vol. 12, no. 3, pp. 200–204 [cit. 29. 8. 2014]. doi:10.1016/S0966-6362(00)00080-1. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0966636200000801/1-s2.0-S0966636200000801-main.pdf?_tid=e0e953fe-c50f-11e4-9bfd-00000aacb361&acdnat=1425763451_cdac86ceb9b47bcee54415fe7ec2a71e

LEE, D. N., ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics* [online]. 1974, vol. 15, no. 3, pp. 529–532 [cit. 2. 11. 2015]. ISSN 1532-5962. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.3758%2FBF03199297#page-1>

LEHNERT, M., PŘIDALOVÁ, M., MRÁČKOVÁ, M. 1999. *Vztah pohybové aktivity a vybraných somatických charakteristik u pubescentů* in *Pohyb a zdraví*. 1. vyd., Olomouc: UP, 1999. ISBN 80-244-0004-5.

MAGAREY, A. M., BOULTON, T. J. C., CHATTERTON, B. E., SCHULTZ, C., NORDIN, B. E. C., COCKINGTON, R. A. Bone growth from 11 to 17 years: relationship to growth, gender and changes with pubertal status including timing of menarche. *Acta Paediatrica* [online]. 1999, vol. 88, no. 2, pp. 139–146 [cit. 29. 8. 2014]. ISSN 0803-5253 Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1651-2227.1999.tb01071.x/pdf>

MALÁ, H., KLEMENTA, J. 1985. *Biologie dětí a dorostu*. 1. vyd., Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985. ISBN 14-288-85, ss. 55–80.

MALLAU, S., VAUGOYEAU, M., ASSAIANTE, Ch. Postural Strategies and Sensory Integration: No Turning Point between Childhood and Adolescence. *PLoS ONE* [online]. 2010, vol. 5, no. 9, pp. 1–13 [cit. 26. 2. 2014]. doi: 10.1371/journal.pone.001307. Dostupné z: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0013078>

MASSION, J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progress in Neurology* [online]. 1992, vol. 38, no. 1, pp. 35–56 [cit. 27. 2. 2014]. ISSN 0301-0082-92. Dostupné z: <http://e.guigon.free.fr/rsc/article/Massion92.pdf>

MASSION, J. Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* [online]. 1998, vol. 22, no 4, pp. 465–472 [cit. 3. 12. 2014]. ISSN 0149-7634-98. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0149763497000316/1-s2.0-S0149763497000316-main.pdf?_tid=dacfa6c6-d6f3-11e4-b5c5-00000aacb35d&acdnat=1427730536_0607fd2bcb81481e46d271e036e90cee

MCEVOY, M., GRIMMER, K. Reliability of upright posture measurements in primary school children. *BMC Musculoskeletal Disorder* [online]. 2005, vol. 6, no. 35, pp. 1–10 [cit. 2. 3. 2015]. doi: 10.1186/1471-2474-6-35. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1180447/>

MCGRAW, B., MCCLENAGHAN, B. A., WILLIAMS, H. G., DICKERSON, J., WARD, D. S. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2000, vol. 81, no. 4, pp. 484–489 [cit. 25. 2. 2015]. doi: <http://dx.doi.org/10.1053/mr.2000.3782>. Dostupné z: <http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993%2800%2963612-2/pdf>

MICKLE, K. J., MUNRO, B. J., STEELE, J. R. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2011, vol. 14, no., pp. 243–248 [cit. 29. 1. 2015]. ISSN 1440-2440. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1440244010009102/1-s2.0-S1440244010009102-main.pdf?_tid=3ccf95a2-c50b-11e4-82da-00000aab0f01&acdnat=1425761458_0fd5415f73a5d6d96aa21b71a04596f0

MORIOKA, S., FUKUMOTO, T., HIYAMIZU, M., MATSUO, A., TAKEBAYASHI, H., MIYAMOTO, K. Changes in the Equilibrium of Standing on One Leg at Various Life Stages. *Current Gerontology and Geriatrics Research* [online]. 2012, vol. 2012, pp. 1–7 [cit. 30. 9. 2014]. doi:10.1155/2012/516283. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/cggr/2012/516283/>

NAGY, Z., WESTERBERG, H., KLINGBERG, T. Maturation of White Matter is Associated with the Development of Cognitive Functions during Childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience* [online]. 2004, vol. 16, no. 7, pp. 1227–1233 [cit. 7. 12. 2014]. doi:10.1162/0898929041920441. Dostupné z: <http://www.brainadvantage.net/PDF/MaturationWhiteMatter%20study.pdf>

NOLAN, L., GRIGORENKO, A., THORSTENSSON, A. Balance control: sex and age differences in 9- to 16 year olds. *Developmental Medicine & Child Neurology* [online]. 2005, vol. 47, no. 7, pp. 449–454 [cit. 1. 3. 2014]. doi: 10.1111/j.1469-8749.2005.tb01170.x. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8749.2005.tb01170.x/pdf>

OLIVIER, I., PALLUEL, E., NOUGIER, V. Effects of attentional focus on postural sway in children and adults. *Experimental Brain Research* [online]. 2008, vol. 185, no. 2, pp. 341–345 [cit. 18. 3. 2014]. doi: 10.1007/s00221-008-1271-6. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-008-1271-6#page-1>

PARREIRA, R. B., BOER, M. C., RABELLO, L., DE SOUZA P. COSTA, V., DE OLIVEIRA, E., DA SILVA, R. A. Age-related differences in center of pressure measures during one-leg stance are time dependent. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. 2013, vol. 29, no. 3, pp. 312–316 [cit. 22. 1. 2015]. ISSN 1065-8483. Dostupné z: http://www.americankinesiology.org/AcuCustom/Sitenam/Document/DocumentItem/09_Parreira_JAB_0138_312-316-ej.pdf

PASTUCHA, D., FILIPČÍKOVÁ, R., HORÁK, S., MALINČÍKOVÁ, J., BERÁNKOVÁ, J., BEZDIČKOVÁ, M., DOBIÁŠ, M., KOCVRLICH, M., MATUŠEK, Z., VÁVERKOVÁ, R. Porucha posturální stability u dětí s obezitou. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2013, vol. 15, no. 6-7, pp. 229–232 [cit. 27. 11. 2013]. ISSN 1212-7299. Dostupné z: <http://www.internimediceina.cz/pdfs/int/2013/06/09.pdf>

PATERNO, M. V., MYER, G. D., FORD, K. R., HEWETT, T. E. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 2004, vol. 34, no. 6, pp. 305–316 [cit. 20. 2. 2015]. doi:10.2519/jospt.2004.34.6.305. Dostupné z: <http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2004.34.6.305>

PAUS, T. Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *TRENDS in Cognitive Science* [online]. 2005, vol. 9, no. 2, pp. 60–68 [cit. 2. 4. 2015]. doi:10.1016/j.tics.2004.12.008. Dostupné z: <http://legacy.oise.utoronto.ca/research/brainwaves/phpwebsite/files/uplink/PausTICS05.pdf>

PENHA, P. J., JOAO, S. M. A., CASAROTTO, R. A., AMINO, C. J., PENTEADO, D. C. Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age. *Clinics* [online]. 2005, vol. 60,

no. 1, pp. 9–16 [cit. 13. 2. 2014]. ISSN 1807-5932. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-59322005000100004

PETERKA, R. J., BLACK, F. O. Age-related changes in human posture control: Sensory organization test. 1. vyd, Portland: Good samaritan hospital and medical center. ISBN 022-7472.

PETERSON, M. L., CHRISTOU, E., ROSENGREN, K. S. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture* [online]. 2006, vol. 23, pp. 455–463 [cit. 28. 3. 2015]. ISSN 0966-6362. Dostupné z: <http://apk.hhp.ufl.edu/wp-content%5Cuploads/Peterson.pdf>

POUSSA, M. S., HELIÖVAARA, M. M., SEITSAMO, J. T., KÖNÖNEN, M. H., HURMERINTA, K. A., NISSINEN, M. J. Development of spinal posture in a cohort of children from the age 11 to 22 years. *European Spine Journal* [online]. 2005, vol. 14, no. 8, pp. 738–742 [cit. 11. 2. 2015]. ISSN 1432-0932. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00586-004-0701-9#page-1>

RIACH, C. L., STARKES, J. L. Velocity of center of pressure excursions as an indicator of postural control systems in children. *Gait & Posture* [online]. 1994, vol. 2, no. 3, pp. 167–172 [cit. 13. 9. 2014]. ISSN 0966-6362/94/030167 06. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/0966636294900043/1-s2.0-0966636294900043-main.pdf?_tid=16f6286c-c512-11e4-80a9-00000aab0f27&acdnat=1425764401_3688f52b89ee1372ff9a39d9da5f77b3

RILEY, M. A., CLARK, S. Recurrence analysis of human sway during the sensory organization test. *Neuroscience Letters* [online]. 2003, vol 342, no 1–2, pp. 45–48 [cit. 4. 1. 2015]. doi:10.1016/S0304-3940(03)00229-5. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394003002295>

RINALDI, N. M., POLASTRI, P. F., BARELA, J. A. Age-related changes in postural control sensory reweighting. *Neuroscience Letters* [online]. 2009, vol. 467, no. 3, pp. 225–229 [cit. 10. 11. 2014]. doi:10.1016/j.neulet.2009.10.042. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394009013627>

RINE, M. R., RUBISH, K., FEENEY, CH. Measurement of sensory system effectiveness and maturational changes in postural control in young children. *Pediatric Physical Therapy* [online]. 1998, vol. 10, no. 1, pp. 16–20 [cit. 11. 11. 2014]. ISSN 0898-5669. Dostupné z: http://journals.lww.com/pedpt/Abstract/1998/01010/Measurement_of_Sensory_System_Effectiveness_and.4.aspx

RIVAL, Ch., CEYTE, H., OLIVIER, I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters* [online]. 2005, vol. 376, no. 2, pp. 133–136 [cit. 2. 9. 2014]. ISSN 0304-3940. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394004014557>

SAMSI, M. B., VEISI, K., KARIMI, L., SARRAFZADEH, J., NAJAFI, F. Normal Range of thoracic kyphosis in male school children. *ISRN Orthoedics* [online]. 2013, vol. 2014, pp. 1–5 [cit. 16. 3. 2015]. ISSN 2356-7872. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2014/159465/cta/>

SCHMID, M., CONFORTO, S., LOPEZ, L., RENZI, P., D'ALESSIO, T. The development of postural strategies in children: a factorial design study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2005, vol. 2, no. 29, pp. 1–11 [cit. 18. 2. 2014]. doi:10.1186/1743-0003-2-29. Dostupné z: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1743-0003-2-29.pdf>

SCHMIT, J. M., REGIS, D. I., RILEY, M. A. Dynamic patterns of postural sway in ballet dances and track athletes. *Experimental Brain Research* [online]. 2005, vol. 163, no. 3, pp. 370–378 [cit. 25. 11. 2014]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-004-2185-6#page-1>

SMITH, S. L., BUSCHANG, P. H. Longitudinal Models of Long Bone Growth During Adolescence. *American Journal of Human Biology* [online]. 2005, vol. 17, no. 6, pp. 731–745 [cit. 2. 9. 2014]. ISSN DOI: 10.1002/ajhb.20441. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajhb.20441/pdf>

SOBERA, M., SIEDLECKA, B., SYCZEWSKA, M. Posture control development in children aged 2–7 years old, based on the changes of repeatability of the stability indices. *Neuroscience Letters* [online]. 2011, vol. 491, no. 1, pp. 13–17 [cit. 12. 11. 2013]. ISSN 1872-7972. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0304394010016563/1-s2.0-S0304394010016563-main.pdf?_tid=0b97af08-c513-11e4-8836-00000aacb35d&acdnat=1425764811_d660a086b6cfd50794e062c1dd15f269

SPARTO, P. J., REDFERN, M. S., JASKO, J. G., CASSELBRANT, M. L., MANDEL, E. M., FURMAN, J. M. The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7–12 years. *Experimental Brain Research* [online]. 2006, vol. 168, no. 4, pp. 505–516 [cit. 1. 10. 2014]. ISSN 1432-1106 Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/215139429/fulltextPDF?accountid=16730>

SPEAR, L. P. The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neuroscience and Biobehavioral Review* [online]. 2000, vol. 24, no. 4, pp. 417–463 [cit. 30. 7. 2014]. doi:10.1016/S0149-7634(00)00014-2. Dostupné z: <http://faculty.weber.edu/eamsel/Classes/Child%203000/Adolescent%20Risk%20taking/Lectures/3-4%20Biological/Spear%20LV%20%20%282000%29.pdf>

STEINDL, R., KUNZ, K., SCHROTT-FISCHER, A., SCHOLTZ, A. W. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology* [online]. 2006, vol. 48, no. 6, pp. 477–482 [cit. 12. 10. 2014]. ISSN 469-8749. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8749.2006.tb01299.x/pdf>

TAUBE, W., GOLLHOFER, A., NIELSEN, J. B. 2012. Postural control and balance training in *Routledge handbook of motor control and motor learning*. 1. vyd., Padstow: TJ International Ltd, 2012. ISBN 978-0-415-66960-3, pp. 260–280.

TESIO, L., ROTA, V., LONGO, S., GRZEDA, M. Measuring standing balance in adults: reliability and minimal real difference of 14 instrumental measures. *International Journal of Rehabilitation Research* [online]. 2013, vol. 36, no. 4, pp. 362–374 [cit. 12. 2. 2015]. doi: 10.1097/MRR.0000000000000037. Dostupné z:

http://www.researchgate.net/publication/258253384_Measuring_standing_balance_in_adults_reliability_and_minimal_real_difference_of_14_instrumental_measures

VAŘEKA, I. 2002. Posturální stabilita I. část - terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha: Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně. 2002, vol. 9, no. 4, ss. 115–121. ISSN 1211-2658.

VAŘEKA, I. 2002. Posturální stabilita II. část – řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha: Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně. 2002, vol. 9, no. 4, ss. 122–129. ISSN 1211-265

VUILLERME, N., DANION, F., MARIN, L., BOYADJIAN, A., PRIEUR, J. M., WEISE, I., NOUGIER, V. The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience Letters* [online]. 2001, vol. 303, no. 2, pp. 83–86 [cit. 16. 2. 2015]. doi:10.1016/S0304-3940(01)01722-0. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S0304394001017220/1-s2.0-S0304394001017220-main.pdf?_tid=b2462ea0-be98-11e4-a3e0-00000aacb361&acdnat=1425052556_a37aa0afe9ea9baaa4cc05114c10f49

WAGNER, M. O., KASTNER, J., PETERMANN, F., BÖS, K. Factorial validity of the Movement assessment battery for children-2 (age band 2). *Research in Developmental Disabilities* [online]. 2011, vol. 32, no. 2, pp. 674–680 [cit. 17. 2. 2015]. ISSN 0891-4222. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891422210002891>

WESTCOTT, S. L., LOWES, L. P., RICHARDSON, P. K. Evaluation of Postural Stability in Children: Current Theories and Assessment Tools. *Physical Therapy* [online]. 1997, vol. 77, no. 6, pp. 629–645 [cit. 20. 11. 2013]. ISSN 00319023. Dostupné z: <http://www.physther.org/content/77/6/629.full.pdf>

WHITFORD, T. J., RENNIE, Ch. J., GRIEVE, S. M., CLARK, R. C., GORDON, E., WILLIAMS, L. M. Brain Maturation in Adolescence: Concurrent Changes in Neuroanatomy and Neurophysiology. *Human Brain Mapping* [online]. 2007, vol. 28, no. 3, pp. 228 –237 [cit. 30. 7. 2014]. doi: 10.1002/hbm.20273. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hbm.20273/pdf>

WIDHE, T. Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal* [online]. 2001, vol. 10, no. 2, pp. 118–123 [cit. 20. 11. 2014]. ISSN 1432-0932 Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3611484/pdf/586_2001_Article_230.pdf

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* [online]. 1995, vol. 3, no. 4, pp. 193–214 [cit. 27. 12. 2014]. doi:10.1016/0966-6362(96)82849-9 Dostupný z: <http://www.cs.cmu.edu/~hgeyer/Teaching/R16-899B/Papers/Winter95Gait%26Posture.pdf>

WOOLLACOTT, M. H., SHUMWAY – COOK, A. Changes in Posture Control Across the Life Span- A Systems Approach. *Physical Therapy* [online]. 1990, vol. 70, no. 12, pp. 799–807 [cit. 16. 8. 2014]. ISSN 799407.1. Dostupné z: <http://www.physicaltherapyjournal.com/content/70/12/799.full.pdf>

ZUMBRUNN, T., MACWILLIAMS, B. A., JOHNSON, B. A. Evaluation of a single leg stance balance test in children. *Gait & Posture* [online]. 2011, vol. 34, no. 2, pp. 174–177 [cit. 11. 12. 2015]. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.04.005
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636211001329>

Seznam zkratek

BMI – Body Mass Index

COP – Centre of Pressure

COM – Centre of mass

č. - číslo

DCL – Directional Control

DKK – dolní končetiny

DP – diplomová práce

EPE - Endpoint Excursion

FZV – Fakulta zdravotnických věd

LOS - Limits of Stability

MVL – Movement Velocity

MXE - Maximum Excursion

p. - patro

roč. - ročník

RT - Reaction Time

s. - strana

SOT - Sensory Organization Test

UP – Univerzita Palackého

Seznam obrázků

Obrázek 1 Ontogenetické schéma organizace posturo-kinetických aktivit (Assaiante, 1995, p. 19)	23
Obrázek 2 Provedení Sensory Organization Test (Pastucha, 2013, p. 231).....	37
Obrázek 3 Distribuce hodnot parametru Equilibrium Score měřeného za podmínky 1-3 v porovnávaných skupinách.....	41
Obrázek 4 Distribuce hodnot parametru Equilibrium Score měřeného za podmínky 4-6 v porovnávaných skupinách.....	42
Obrázek 5 Mediány hodnot parametru Endpoint Excursion.....	46
Obrázek 6 Mediány hodnot parametru Directional Control.....	47
Obrázek 7 Mediány hodnot parametru Maximum Excursion.....	48
Obrázek 8 Závislost parametru Equilibrium skóre měřeného za podmínky 1 (otevřené oči, fixní podložka i kabina) za podmínky 2 (zavřené oči, fixní podložka i kabina) na tělesné výšce.....	52
Obrázek 9 Závislost parametru Sway Velocity testu US měřeného pro podmínku s otevřenými očima na tělesné výšce.....	53
Obrázek 10 Závislost parametru Sway Velocity testu US měřeného pro podmínku se zavřenými očima na tělesné výšce.....	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 Statistické parametry posturálních titubací tří testovaných skupin u SOT.....	40
Tabulka 2 Hodnocení posturální strategie a její srovnání mezi hodnocenými skupinami u SOT.....	43
Tabulka 3 Zjištění hladin signifikance rozdílů parametru Sway Velocity u jednotlivých testů Unilateral Stance.....	44
Tabulka 4 Zjištění hladiny signifikance rozdílů parametru Sway Velocity u porovnávaných dvojic.....	44
Tabulka 5 Statistické hodnocení reakčního času (Reaction Time, RT) pro osm směrů testu LOS	45
Tabulka 6 Statistické hodnocení průměrné rychlosti COP (Movement Velocity, MVL) při dosažení cílových bodů v osmi hodnocených směrech na vizuálním feedbacku u LOS.....	45
Tabulka 7 Statistické hodnocení rozdílů mezi zkoumanými skupinami v dosažené vzdálenosti ve směru určeného bodu na vizuálním feedbacku při prvním pokusu (Endpoint Excursion, EPE) u LOS.....	46
Tabulka 8 Statistické hodnocení rozdílů v kontrole směru pohybu COP k vizuálně danému cíli (Directional Control, DCL) mezi zkoumanými skupinami při testu LOS.....	47
Tabulka 9 Statistické hodnocení rozdílů v maximálních vychýleních COP v daném směru (Maximum Excursion, MXE) mezi zkoumanými skupinami při testu LOS.....	48
Tabulka 10 Statistické porovnání průměrné rychlosti COP v daném směru (On-Axis Velocity) a průměrná kontrola přímosti pohybu (Directional Control) v latero-laterálním směru vždy pro tři rychlosti u tří hodnocených skupin při testu RWS.....	49
Tabulka 11 Statistické porovnání průměrné rychlosti COP v daném směru a průměrná kontrola přímosti pohybu v antero-posteriorním směru vždy pro tři rychlosti u tří hodnocených skupin při testu RWS.....	50
Tabulka 12 Statistické hodnocení senzorické analýzy (Sensory Analysis hodnocené z % Equilibrium Score) u testu SOT.....	51
Tabulka 13 Statistické hodnocení vztahu mezi výškou probandů a jejich hodnotami posturálních titubací u SOT a US.....	52

Seznam příloh

Příloha 1 Dotazníkové údaje prepubertální skupiny.....	92
Příloha 2 Dotazníkové údaje adolescentní skupiny.....	93
Příloha 3 Dotazníkové údaje dospělé skupiny.....	94
Příloha 4 Informovaný souhlas.....	95
Příloha 5 Dotazník.....	96
Příloha 6 Testované směry pohybu při testu Limits of Stability.....	97

Přílohy

Příloha 1 Dotazníkové údaje prepubertální skupiny

proband	věk	menarché	výška [cm]	váha [kg]	BMI	lateralita	volnočasové sportovní aktivity s rodinou	frekvence [ýdně]	hodin týdně	kroužky	frekvence týdně	hodin týdně	rodíče a sport
1	8	ne	123	22	14,54	P	ano	1	2	ano	1	1	2
2	8	ne	124	19	12,36	P	ano	3	6	ne	0	0	4
3	8	ne	131	22	12,82	P	ano	3	5	ano	3	6	2
4	8	ne	128	24	14,65	P	ano	3	3	ano	3	6	2
5	8	ne	129	28	16,83	P	ano	1	2	ano	3	6	2
6	9	ne	145	39	18,55	L	ano	2	6	ano	2	4	3
7	9	ne	149	37	16,67	P	ano	1	2	ano	2	6	2
8	10	ne	140	37	18,88	P	ano	1	2	ano	4	2	2
9	10	ne	149	45	20,27	P	ano	1	2	ano	1	6	0
10	10	ne	140	35	17,86	P	ano	2	4	ano	3	6	2
11	11	ne	143	40	19,56	P	ano	2	10	ano	2	4	2

Příloha 2 Dotazníkové údaje adolescentní skupiny

proband	věk	menarché	výška [cm]	váha [kg]	BMI	lateralita	volnočasové sportovní aktivity s rodinou	frekvence [týdně]	hodin týdně	kroužky	frekvence týdně	hodin týdně	rodiče a sport
1	10	ano	143	41	20,05	P	ano	3	2	ne	0	0	3
2	11	ano	163	50	18,82	P	ano	2	10	ano	2	4	3
3	12	ano	157	48	19,47	P	ne	0	0	ano	4	5	2
4	12	ano	156	49	20,13	P	ano	3	2	ne	0	0	3
5	12	ano	164	59	21,94	P	ano	1	1	ne	0	0	3
6	12	ano	169	65	22,76	P	ne	0	0	ano	2	4	0
7	13	ano	169	47	16,46	P	ne	0	0	ano	2	2	0
8	13	ano	170	58	20,07	P	ano	3	2	ano	3	2	2
9	13	ano	156	41	16,85	P	ne	0	0	ano	2	4	3
10	13	ano	164	55	20,45	P	ano	5	6	ano	3	4	2
11	13	ano	165	54	19,83	P	ano	3	2	ano	3	6	2

Příloha 3 Dotazníkové údaje dospělé skupiny

proband	věk	menarché	výška [cm]	váha [kg]	BMI	lateralita	volnočasové sportovní aktivity s rodinou	frekvence [týdně]	hodin týdně	kroužky	frekvence týdně	hodin týdně	rodíče a sport
1	22	ano	178	78	24,62	P	ano	2	4	ne	0	0	3
2	23	ano	168	50	17,72	P	ano	4	8	ne	0	0	3
3	24	ano	163	55	20,70	P	ano	1	2	ano	1	2	3
4	24	ano	173	65	21,72	P	ne	0	0	ano	3	5	2
5	25	ano	178	61	19,25	P	ano	3	6	ano	4	8	2
6	25	ano	166	56	20,32	P	ne	0	0	ano	2	2	2
7	25	ano	170	70	24,22	P	ne	0	0	ano	1	1	2
8	25	ano	167	57	20,44	L	ano	2	4	ano	2	2	2
9	25	ano	171	59	20,18	P	ne	0	0	ano	3	6	2
10	25	ano	174	65	21,47	P	ne	0	0	ano	3	3	2

Příloha 4 Informovaný souhlas

POUČENÍ A SOUHLAS KLIENTA

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

I. P. Pavlova 6

779 00 Olomouc

Zákonný zástupce klienta.....souhlasí s provedením vyšetření posturální kontroly pomocí přístroje, vyplněním krátkého dotazníku a anonymním zpracováním osobních dat k výzkumným účelům. Měření s klientem a zpracování dat bude vždy provádět Bc. Klára Sosnová. Měření je součástí diplomové práce pod vedením Mgr. Anity Můčkové.

Prohlašuji, že mi bylo poskytnuto poučení o vyšetření pomocí posturografu. Byl mi jasně a srozumitelně vysvětlen účel tohoto vyšetření a sdělen dostatek informací o probíhajícím výzkumu k diplomové práci. Pokud jsem měl/a jakékoliv dotazy, bylo mi před podpisem tohoto informovaného souhlasu umožněno klást doplňující otázky.

Na základě tohoto poučení prohlašuji, že souhlasím s provedením vyšetření posturální kontroly pomocí posturografu, vyplněním krátkého dotazníku a anonymním zpracováním získaných dat pro výzkumné účely s respektováním pravidel ochrany osobních dat.

V Olomouci dne.....

.....

Podpis zákonného zástupce klienta

Příloha 5 Dotazník

Dotazník

věk		
pohlaví		
rok menarché		
lateralita (P/L)		
váha		
výška		
BMI		
volnočasové sportovní aktivity (s rodinou)		
Jak často?	vůbec – 1x/t - 2x/t - 3x/t - 4x/t - 5x/t - více	
Hodin týdně?	vůbec – 1h - 2h - 4 h - 6 h - 8 h - 10 h - více	
volnočasové sportovní aktivity (kroužky)		
Jak často?	vůbec – 1x/t - 2x/t - 3x/t - 4x/t - 5x/t - více	
Kolik hodin týdně?	vůbec – 1h - 2 h - 4 h - 6 h - 8 h - 10 h - více	
Sportují rodiče?	závodně	
	rekreačně	
	příležitostně	
	vůbec	

Příloha 6 Testované směry pohybu při testu Limits of Stability

