

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DISERTAČNÍ PRÁCE

2010

Mgr. Lenka Černá

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Fakulta tělesné výchovy a sportu



**Vztah vybraných somatických
a motorických ukazatelů k posturální
stabilitě u dětí mladšího školního věku**

**The relation of chosen somatic and motor
indexes to postural stability of younger
school children**

Disertační práce

Zpracovala:
Mgr. Lenka Černá

Školitel:
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

2010

SOUHRN

Problém

V odborné literatuře je dokumentován progresivní vývoj posturální stability s věkem v průběhu dětství, který je charakterizován nelineárním poklesem amplitudy a rychlosti výkyvů. V období mladšího školního věku, konkrétně mezi 7. a 10. rokem se posturální stabilita stává podobnou jako u dospělých (Shumway-Cook, Woollacott, 2001) a děti přecházejí k přesnější strategii posturální kontroly. Období mladšího školního věku je označováno jako příznivé pro motorický vývoj. Výkonnost je v tomto období nejvýrazněji ovlivněna biogenetickými faktory, mezi které můžeme zařadit faktory růstu, jako např. tělesná výška, hmotnost a složení těla. Pro vývoj dětského organismu v průběhu období mladšího školního věku je důležitý vhodný pohybový režim s adekvátním množstvím a kvalitou pohybové aktivity.

Cíl

Popsat změny vybraných parametrů posturální stability, které souvisejí s věkem a pohlavím dětí mladšího školního věku, a provést analýzu změn ve vybraných parametrech posturální stability v souvislosti se somatickými charakteristikami, pohybovými schopnostmi a pohybovou aktivitou.

Metody

Průřezové statistické šetření proběhlo na základní škole, kde bylo testováno 154 dětí (85 chlapců, 69 dívek) ve věku 7 až 11 let. Zjišťovanými parametry byly somatické ukazatele, motorické testy, posturální stabilita a mimoškolní pohybová aktivita. Somatické ukazatele: tělesná výška, hmotnost, index tělesné plnosti (BMI), procento tělesného tuku a množství tukuprosté hmoty (FFM). Motorické testy: člunkový běh (4x10 metrů), skok daleký z místa, výdrž ve shybu, hloubka předklonu, test výstupy. Posturální stabilita byla měřena na zařízení FOOTSCAN ve stoji s otevřenýma očima, zavřenýma očima a ve stoji na jedné noze po dobu 30 s se snímací frekvencí 33 Hz. Vyhodnocovanými parametry byly: směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice ve směru osy x (SD X), směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice ve směru osy y (SD Y), průměrná rychlost COP a směrodatná odchylka rychlosti COP. Mimoškolní pohybová aktivita byla zjištěna pomocí dotazníku (Bunc et al., 2000a). Statistické šetření porovnávalo naměřené proměnné u věkových skupin u chlapců a dívek a vzájemné vztahy proměnných.

Výsledky a závěry

Všechny měřené parametry posturální stability ve stoji s otevřenýma očima, ve stoji se zavřenýma očima a ve stoji na jedné noze mají tendenci klesat s věkem dětí. Potvrzujeme odlišnosti ve vývojových trendech měřených parametrů stability ve stoji s otevřenýma očima, stoji se zavřenýma očima a stoji jednož u chlapců a dívek. Výrazné rozdíly jsou pozorovatelné do věku 9 let.

Nenalezli jsme dominantní faktor, který by ovlivnil posturální stabilitu dětí. Posturální stabilita je ovlivněna souborem vnitřních faktorů, z nichž se jako nejdůležitější ukazuje věk a rychlostně-koordinační dispozice dolních končetin.

Klíčová slova

děti mladšího školního věku, posturální stabilita, somatické ukazatele, pohybové schopnosti

SUMMARY

Subject

In professional literature progressive development of postural stability related to the age during the childhood is documented which is characterized by decline of amplitude and speed deviations. The postural stability becomes similar to adults by primary school children, specifically in the age of 7 to 10 (Shumway-Cook, Woollacott, 2001) and children switch to more accurate strategy of postural control. The period of primary school is described as positive for motor development. Performance in this period is most considerably influenced by biogenetic factors which include growth factors as for instance body height, weight and body composition. An appropriate movement routine with an adequate amount and quality of movement activity is important for development of children's organism by primary school children.

Objective

The aim of this work is to describe the changes of chosen parameters of postural stability which are related to the age and gender of primary school children and to submit to analysis the changes in chosen parameters of postural stability in connection with somatic characteristics, movement abilities and movement activity.

Methods

The summarizing statistical research took place at a primary school where 154 children (85 boys, 69 girls) in the age of 7 to 11 were tested. Analysed parameters were somatic indexes, motor tests, postural stability and extracurricular movement activity. Somatic indexes: body height, weight, body mass index (BMI), percentage of body fat and fat free mass (FFM). Motor test: shuttle run (4x10 meters), long standing jump, endurance pull-up, depth of forward bend, walk up test. Postural stability was measured with FOOTSCAN in standing position with open eyes, closed eyes and in standing position on one leg for 30 sec by a scanning frequency of 33 Hz. Evaluated parameters were: standard deviation of fluctuations of COP from the mean value in the x-axis direction (SD X), standard deviation of fluctuations of COP from the mean value in the y-axis direction (SD Y), average speed of COP and standard deviation of speed of COP. Extracurricular movement activity was tested through a questionnaire (Bunc et al., 2000a). Statistic research compared measured variables of different age groups of boys and girls and mutual relation of variables.

Results and conclusions

All the measured parameters of postural stability in standing position with open eyes, closed eyes and in standing position on one leg tend to decrease with the age of children. We confirm the differences in development trends of the measured parameters of stability in standing position with open eyes, closed eyes and in standing position on one leg by boys and girls. Considerable differences are noticeable to the age of 9 years.

We have not found a dominating factor which would influence the postural stability of children. The postural stability is influenced by a complex of inner factors from which the most important ones proved to be the age and speed disposition of lower extremities.

Key words

primary school children, postural stability, somatic indexes, movement abilities

Poděkování

Děkuji svému školiteli Prof. Ing. Václavu Buncovi, CSc. za vedení po celou dobu studia a při zpracování disertační práce. Dále děkuji Ing. Františku Zahálkovi za odborné konzultace a velkou pomoc se zpracováním naměřených dat. Velký dík patří všem zaměstnancům a studentům Laboratoře sportovní motoriky, kteří spolupracovali na měření žáků ZŠ v Kralupech nad Vltavou.

Děkuji paní ředitelce a paní zástupkyni ZŠ Generála Klapálka za možnost uskutečnit měření na této základní škole, a stejně tak všem paním učitelkám na této škole, které se měření se svou třídou zúčastnily.

Za velkou podporu děkuji své rodině. Zejména manželovi Patrikovi, synovi Matoušovi a svým rodičům, bez jejich trpělivosti by bylo zpracování této práce nemožné.

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovala samostatně a použila jsem literaturu uvedenou v referenčním seznamu.

Mgr. Lenka Černá

Svoluji k zapůjčení své disertační práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovateli, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno příjmení	Číslo OP	Datum vypůjčení	Poznámka

Obsah

1. ÚVOD	12
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	14
2.1 Posturální stabilita a rovnováha.....	14
2.1.1 Definice základních pojmů	14
2.1.2 Nervový systém člověka a posturální stabilita.....	17
2.1.3 Vzpřímené držení těla.....	19
2.1.4 Posturální stabilita a rovnováha v klidném stoji a při pohybu.....	21
2.2 Senzorické systémy.....	23
2.2.1 Vestibulární systém.....	24
2.2.2 Zrakový systém	25
2.2.3 Somatosenzorický systém	26
2.2.4 Přispění sensorických systémů k posturální kontrole	27
2.3 Vývoj posturální stability.....	28
2.3.1 Vývoj sensorických systémů a jejich přispění ke kontrole rovnováhy	28
2.3.2 Vývoj adaptace posturálního systému a změny v používaných strategiích kontroly rovnováhy.....	29
2.3.3 Vývoj kontroly rovnováhy v klidném stoji	32
2.3.4 Faktory ovlivňující posturální stabilitu a rovnováhu.....	33
2.4 Kvantitativní hodnocení posturální kontroly a rovnováhy	35
2.4.1 Práce zabývající se měřením COP.....	36
2.4.2 Kvalita měření COP	40
2.5 Charakteristika období mladšího školního věku	42
2.5.1 Faktory ovlivňující motoriku dětí mladšího školního věku	42
2.5.2 Senzitivní období	45
2.5.3 Růst a složení těla dětí mladšího školního věku	47
2.5.4 Motorická výkonnost a pohybová aktivita dětí mladšího školního věku	48
2.5.5 Motorické testování u dětí mladšího školního věku	53
2.6 Shrnutí teoretické části.....	55
3. HLAVNÍ ČÁST	59
3.1 Cíl, hypotézy a úkoly práce	59
3.1.1 Cíl	59
3.1.2 Hypotézy	59
3.1.3 Úkoly.....	59
3.2 Výzkumný soubor a výzkumné metody	61
3.2.1 Typ výzkumu	61
3.2.2 Zkoumaná populace a výběr.....	61
3.2.3 Měřicí techniky a metody sběru dat	61
3.2.4 Sběr dat.....	63

3.2.5 Analýza dat	63
3.3 Výsledky a diskuse	65
3.3.1 Somatická měření a složení těla	65
3.3.2 Diskuse k somatickým měřením a složení těla	68
3.3.3 Motorické testy	70
3.3.4 Pohybový režim	73
3.3.5 Diskuse k výsledkům v motorických testech a pohybové aktivitě.....	74
3.3.6 Posturální stabilita	78
3.3.7 Stabilita a somatické ukazatele	86
3.3.8 Stabilita a množství tělesného tuku	95
3.3.9 Stabilita a výsledky v motorických testech	96
3.3.10 Stabilita a množství pohybové aktivity	102
3.3.11 Diskuse k výsledkům posturální stability	106
4. ZÁVĚRY	118
5. POUŽITÁ LITERATURA	121
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	133
7. SEZNAM PŘÍLOH	134

1. Úvod

Posturální stabilita jedince je základním předpokladem pro vzpřímené držení těla, pro pohyb jedince a pro udržení rovnováhy v případě očekávaného nebo neočekávaného vnějšího narušení rovnováhy. Posturální kontrolu a rovnováhu musí lidské tělo udržovat v téměř nekonečném množství situací. Posturální stabilita a rovnováha jsou základními elementy mnoha sportovních a pohybových aktivit (Haywood, Getchel, 2009). Domníváme se, že je důležité poznat, jakým způsobem je ve vztahu k ostatním složkám motoriky a které faktory ji mohou ovlivňovat. Naším šetřením bychom chtěli přispět k řešení problematiky vztahu posturální stability k faktorům, které jsou označovány jako ty, které ovlivňují motorickou výkonnost dětí: věk, výška, hmotnost a složení těla. Druhým aspektem je odpověď na otázku, zda existuje vztah motorické výkonnosti a posturální stability u dětí.

V odborné literatuře byla posturální kontrola zkoumána z různých pohledů. Lze najít množství prací zabývajících se strategií posturální kontroly a jejími změnami v průběhu lidského života nebo přispěním jednotlivých sensorických systémů a změnami v důležitosti jejich přispění ke kontrole rovnováhy. Jiné studie se zabývaly vývojem posturální kontroly u nejmladších dětí, které si osvojují postupně sed, stoj a chůzi, a naopak u starších osob, které jsou ohroženy ztrátou rovnováhy. Řada výzkumů byla provedena u nemocných osob a u osob se zhoršenou schopností rovnováhy.

V naší práci jsou sledovanou skupinou děti v mladším školním věku. Z hlediska posturální stability jde o období zajímavé. Bývá uváděno, že mezi 7 a 11 lety se posturální stabilita ve stoji dostává na úroveň podobnou dospělým (Shumway-Cook, Woollacott, 1985, Westcott et al., 1997) a na výrazné změny posturální stability v tomto období upozorňuje řada autorů (Riach, Starkes, 1994, Nolan et al., 2005, Kirchenbaum et al., 2001). Je velmi pravděpodobné, že schopnost rovnováhy je možné vhodným tréninkem ovlivnit. Existují práce, které zkoumaly rovnováhu u různých skupin sportovců (Perrin et al., 2002, Asseman et al., 2008). Výsledky naznačují že sportovci, kteří ke svému výkonu potřebují kontrolovat rovnováhu (např. gymnasté nebo judisté) mají lepší rovnováhu a balanční kontrolu oproti jiným sportovcům nebo osobám, které se sportu nevěnují. Studie Vuillerme et al. (2001) ukazuje, že gymnasté jsou schopni účinněji využít proprioceptivní informace pro zmenšení výkyvů těla. Tyto informace naznačují, že pomocí vhodných podnětů lze docílit zlepšení posturální stability a rovnováhy v různých polohách lidského těla.

K výběru tématu práce nás motivovala skutečnost, že období mladšího školního věku se ukazuje jako důležité období ve formování vztahu jedince k pohybové aktivitě. Právě v tomto období lze děti získat pro sportovní nebo pohybové aktivity a úspěšnost zapojení do pohybového programu v tomto věku může ovlivnit celoživotní postoj k pohybu. Právě v této etapě života vzniká základ pohybových dovedností, které limitují pozdější úspěch ve sportovních, ale i volnočasových pohybových aktivitách. Pohyb a tělesná výchova v mladším školním věku by měl kultivovat žáky po jejich tělesné i duševní stránce (Mužík, Krejčí, 1997).

Předpokladem osvojení všech pohybových dovedností je udržení postury a rovnováhy, základními polohami bývají často stoj na obou nebo jedné noze. Položili jsme si otázku, zda je stabilita v těchto polohách u dětí mladšího školního věku zvládnutá, zda se dá ovlivnit či zda je závislá na zrání neuromuskulárního systému posturální kontroly. V naší práci bychom rádi odpověděli na otázky, zda mají lepší předpoklady kontrolovat stabilitu ve stoji dívky nebo chlapci, zda se lépe stabilizují děti vykonávající větší množství pohybových aktivit ve svém volném čase oproti těm, kteří se sportu nevěnují, a zda může hrát roli tělesné složení, kvalita svalové hmoty nebo svalová zdatnost jedince.

2. Teoretická východiska

2.1 Posturální stabilita a rovnováha

V následující kapitole jsou definovány základní pojmy používané v dalším textu, je popsáno přispění centrální nervové soustavy k udržení vzpřímeného držení těla a význam jednotlivých senzorických systémů. Následuje část, která se zabývá vývojem posturální stability u lidského jedince a vztahem k různým faktorům, které posturální stabilitu ovlivňují. Poslední část kapitoly řeší kvantitativní hodnocení posturální stability, které bylo použito v jiných studiích.

2.1.1 Definice základních pojmů

Pro účely naší práce jsou v následující kapitole definovány nejčastěji užívané pojmy, jak je budeme používat v následujícím textu, a také nejčastěji používané zkratky běžně používané v literatuře. Vycházíme především z anglicky psaných prací, proto je u většiny pojmů uveden anglický překlad.

Stabilita je základní schopnost objektu zůstat nebo se vrátit do specifického stavu rovnováhy a neupadnout. Stabilita neživého objektu závisí na fyzikálních vlastnostech objektu (plocha opory, výška těžiště nad základnou). U člověka je vyžadováno působení motorických a senzorických systémů lidského těla (Pollock et al., 2000). Stabilitu lidského těla lze kvantitativně zachytit, např. pomocí stabilografických nebo posturografických metod, které jsou schopny zaznamenávat pohyb průmětu těžiště do oporné báze (Véle, 1995).

Posturální stabilita (postural stability) je schopnost udržet nebo kontrolovat polohu těžiště nad základnou (Westcott et al., 1997) za účelem zabránění pádům a dokončení požadovaných pohybů (Westcott et al., 1997). Je výsledkem působení posturální kontroly. Posturální stabilizace je zajištěna pomocí různých mechanismů, mezi které patří anticipační posturální přizpůsobení (APA), periferní elasticita svalů a šlach, svalové reflexy, předprogramované posturální korekce a korekce jedince (Latash, 1998). Udržení posturální stability je základní součástí všech pohybů (Westcott et al., 1997).

Posturální kontrola (postural control) je definována jako úkol kontrolovat pozici těla v prostoru za účelem udržení stability a orientace (Palmieri et al., 2002, Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Prvotní je udržení tělesné postury a přijetí příslušných vertikálních vztahů mezi jednotlivými tělesnými segmenty a v důsledku toho udržení vertikálního vzpřímeného postoje, druhou částí je udržení rovnováhy (Massion, Woollacott, 1996). Posturální kontrola a její adaptace na okolní prostředí je založena na posturálním tonusu a posturálních reflexech nebo reakcích, které pocházejí ze zrakových nebo vestibulárních zdrojů a ze somatosenzorických systémů z různých tělesných segmentů (Massion, Woollacott, 1996, Latash, 1998, Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Výstižná je definice podle Pollocka et al. (2000), ve které je definována posturální kontrola jako akt udržení, dosažení nebo obnovení stavu rovnováhy během polohy nebo aktivity, které mají posturální charakter.

Rovnováha (balance, equilibrium)

Charakteristika pojmu je poměrně složitá. Někteří autoři ji definují jako proces, při kterém je udržována posturální stabilita (Westcott et al., 1997). Jiní ji nazývají schopností. Podle Horaka (1997) je rovnováha schopnost těla udržet COG mezi limity stability, které jsou určené oporou na základně. Přesný překlad výrazu **balance** do češtiny je problematický. Vydeme-li z definice Horaka, zdá se přesnější místo pojmu rovnováha použít výraz „schopnost udržení rovnováhy“. Míková (2006) popisuje balance jako funkční komplexní motorickou schopnost, která je vztažena na dovednosti běžného denního života. V literatuře je rozlišována statická rovnováha (static balance) a dynamická rovnováha (dynamic balance, locomotor balance). Z fyzikálního hlediska je objekt v rovnováze, pokud je působení výsledných sil rovno nule. Rovnováha lidského těla je multidimenzionální koncept „odvolávající“ se na schopnost osoby neupadnout (Berg, 1989, Pollock et al., 2000, Winter, 1995). V živém organismu se pojem rovnováha týká stavu, kdy je udržována určitá poloha segmentů svalovou činností (Véle, 1995).

Kontrola rovnováhy (control of balance, balance control) je vyžadována při udržení polohy těla i při pohybu těla (Assaiante, 1998). Shoduje se s pojmem posturální kontrola. Kontrola rovnováhy zahrnuje činnosti spojené s udržením specifické polohy lidského těla, s pohyby mezi těmito polohami a reakce na vnější narušení (Pollock et al., 2000).

Schopnost udržení rovnováhy je výsledkem činnosti složitého komplexního regulačního systému, který používá informace ze tří nezávislých sensorických zdrojů. Jsou to informace zrakové, vestibulární a somatosenzorické (proprioreceptivní) (Forssberg, Nashner, 1982, Nolan et al., 2005). Schopnost udržení rovnováhy je výsledkem souhry činnosti analyzátorů, pomocí nichž člověk vnímá své okolí a polohu těla vzhledem k okolí, a centrální nervové soustavy, která integruje a zpracovává získané informace a na základě toho umožňuje tvořit adekvátní svalové odpovědi (Fetz, 1987, Hatzitaki et al., 2002). Schopnost udržovat rovnováhu v podmínkách nestability patří k základním pohybovým dovednostem člověka. Tato schopnost se vytváří většinou podvědomě, ale lze ji zdokonalit i vědomým učením (Véle, 1995). Z definic, ale i z prací některých autorů vyplývá, že pojem udržení rovnováhy u stojícího člověka lze chápat stejně jako pojem posturální stabilita (Johnson, 2007). Zkráceně lze pojem nahradit výrazem rovnováha, nebo také posturální stabilita.

Posturální výkyvy (postural sway) definici podali Odenrick, Sandstedt et al. (1984): posturální výkyvy jsou neustálé malé korektivní odchylky od vertikály v průběhu stoje. Pojem je používán jako synonymum posturální stability při stoji (Westcott et al., 1997). Odráží změny v COG.

COM (center of mass) je používáno jako synonymum pro těžiště těla, pokud těžiště vnímáme jako polohu hmotného bodu v prostoru.

COP (center of pressure) je střed tlakového působení na podložku. V klidném stoji se nachází mezi chodidly. Při zachycení pohybu COP pomocí přístrojového měření můžeme tyto informace využít pro posouzení kontrolního procesu nebo strategie použité v kontrole postury. Pohyb COP je výraznější než COM, které se pohybuje relativně pomaleji a v menším rozsahu (Riach, Starkes, 1993, Winter, 1990).

COG (center of gravity) je bod na podložce, kterým prochází vektor gravitační síly působící v těžišti objektu v případě, že těžiště těla považujeme za hmotný bod, jímž lze tělo nahradit.

2.1.2 Nervový systém člověka a posturální stabilita

Pohybový projev člověka je vysoce organizovaná funkce. Zajišťuje vzpřímenou polohu nebo umožňuje změnu místa, získávání potravy, rozmnožování, práci, ale je i úzce spjat s psychickou činností. Pohyb člověka zajišťuje kosterní svalstvo, jehož činnost je vždy řízena jako jediný funkční celek (Trojan et al., 2003).

Každý pohyb lidského těla v sobě zahrnuje posturální a aktivní složku. V zamýšleném pohybu se prolíná provedení vlastního pohybu a udržení potřebné polohy těla (Míková, 2006).

Veškerý lidský pohyb je řízen motorickými funkcemi centrální nervové soustavy, tzv. motorickým systémem. Činnost tohoto systému blíže popisují Kaňovský, Herzig et al. (2007). Motorický systém sám o sobě není schopen žádného řízení, jeho mechanismy nejsou žádným způsobem nastaveny na generaci impulzů směrem k efektorům bez předchozí iniciace. Touto iniciací je informace z vnějšího nebo vnitřního prostředí. Když tato informace dorazí do integrujících oblastí CNS, spustí motorický proces.

Vykonávání koordinovaného svalového pohybu vyžaduje souhru celé řady dílčích pochodů, které zahrnují především činnost nervů a svalů, jež pohybují opěrným aparátem organismu. Neurony a nervové struktury, které jsou zodpovědné za řízení pohybů jsou hierarchicky uspořádány, přičemž každá úroveň má v této hierarchii svou přesně definovanou funkci. Vzájemná koordinace a dokonalá návaznost jejich funkcí zaručuje funkceschopnost motorického systému (Kittnar, 2000). Za řízení pohybu zodpovídá centrální nervová soustava, jeho realizace pak závisí na svalech.

Jednotlivé hierarchie řízení pohybu lze od nejnižších úrovní po nejvyšší seřadit takto (upraveno podle Trojana et al., 2003 a Kittnara, 2000):

- I. Periferní systém svalové kontroly (receptory ve svalech, šlachách kloubech a kůži, svalová vlákna)
- II. Pátevní mícha a motorická jádra hlavových nervů
- III. Mozeček, labyrint a jádra mozkového kmene
- IV. Bazální ganglia a thalamus
- V. Mozková kůra (motorická kůra, frontální kůra, asociační kůra)

Základem hybnosti je svalový tonus zajišťovaný činností páteřní míchy. Na něm je vybudován systém postojových a vzpřimovacích reflexů (Trojan et al., 2003). Uvádíme přehled reflexů, které se podílejí na zaujetí a udržení vzpřímené polohy podle Králíčka (2002):

- Posturální reflexy antigravitační: lokální statické reakce, segmentální statické reakce, celkové statické reakce.
- Vzpřimovací reflexy: labyrintový vzpřimovací reflex, tělový vzpřimovací reflex působící na polohu hlavy, šíjový vzpřimovací reflex, tělový vzpřimovací reflex působící na polohu těla, zrakové vzpřimovací reflexy.
- Umísťovací reakce: vestibulární umísťovací reakce, zraková umísťovací reakce, reakce poskoku.

Vzpřimovací reflexy představují vyšší koordinaci statických reakcí. Významné pro jejich činnost jsou informace ze statokinetického čidla o přesné poloze a pohybech hlavy v prostoru. Regulujícím podnětem je stálý směr působení gravitace (Trojan et al., 2005). Informace z taktilních exteroceptorů vzbuzují tzv. tělové vzpřimovací reflexy, které působí na tonus šíjového svalstva a svalstva trupu a končetin. K zajištění vzpřímené polohy u člověka je nutná kromě podkorových regulačních systémů i činnost mozkové kůry (Trojan et al., 2003).

Podle Massion a Woollacott (1996) je pro popis procesu posturální kontroly vyhovující systémový přístup, který klade všechny složky posturální kontroly na stejnou úroveň. Těmito složkami jsou: vnímání orientace těla v prostoru, sensorická organizace, prediktivní centrální složka, jejíž součástí je zásobník motorických programů, kvalitní muskuloskeletální systém a pohybová koordinace.

Nervové součásti podstatné pro posturální kontrolu jsou podle Shumway-Cook, Woolacot (2001): sensorické procesy, sensorické strategie, vnitřní vyjádření důležitosti a procesy vyšší nervové úrovně nutné pro adaptační a anticipační aspekty posturální kontroly.

Shumway-Cook, Woollacott (2001) hovoří o tom, že vyšší úroveň nervových procesů má kognitivní vliv na posturální kontrolu. Tato kognitivní kontrola nemusí být vědomá. Podstatné pro ni jsou adaptační a anticipační mechanismy založené na modifikaci sensorického a motorického systému v odpovědi na měnící se nároky vyplývající z pohybového úkolu nebo

okolního prostředí a dále předcházející zážitky a zkušenosti. Dále jsou součástí této vyšší úrovně kontroly postury i kognitivní procesy jako pozornost a motivace.

2.1.3 Vzpřímené držení těla

Udržování vzpřímeného držení těla je proces vyžadující souhru svalů, které se na něm podílejí. Jejich činnost řídí centrální nervová soustava, která musí zajišťovat nejen stabilitu zaujaté polohy při práci rukou, ale musí rovněž stabilizovat i průběh změny držení a tuto situaci krátkodobě předvídat (Véle, 1995).

Podle Trojana et al. (2003) mají pro udržení vzpřímeného držení těla vliv dva typy reflexů. Tonické labyrintové reflexy mají základní význam pro udržení vzpřímeného postoje v klidu a jejich aferentace vychází ze šijových svalů. Fázičné labyrintové reflexy pomáhají zajišťovat postoj při rychlých a rozmanitých pohybech.

To, že je člověk schopen udržet vzpřímenou polohu těla, je často označováno za obdivuhodné. Mechanický systém lidského těla je v gravitačním poli velmi málo stabilní v důsledku relativně malé plochy opory lidského těla a vysoko položeného těžiště. Někdy je lidské tělo přirovnáváno k obrácenému kyvadlu, které není snadné uvést do rovnováhy (Latash, 1998).

Postura je podle Véleho (1995) aktivní udržování určité polohy. Postura poskytuje mechanickou oporu pro pohybovou akci tím, že organizuje spojení mezi různými segmenty a dynamicky upravuje zpevnění mezi jednotlivými klouby. Postura jedince může být považována za primární oporu pro vnímání okolního prostoru ve smyslu percepční analýzy a motorického aktu (Massion, Woollacot, 1996).

Situace lidského těla je komplikovaná z důvodu existence velkého množství kloubních spojení v lidském těle. Měření dynamických sil během přirozených pohybů končetin naznačuje, že jsou více než dostačující pro narušení křehké posturální rovnováhy (Latash, 1998).

V případě narušení vzpřímeného držení těla musí být možné vyvinout rychle značnou sílu, aby nedošlo při náhlé změně polohy k porušení rovnováhy, přetížení nebo pádu. Vzpřímené

držení těla klade vyšší nároky nejen na svalovou aktivitu, ale i na koordinační funkci řídicího nervového systému, který musí neustále vyvažovat působení gravitace. Kvůli značné mechanické labilitě vzpřímeného postoje je nutné nejen programové vybavení pro vzpřímené držení, ale i průběžné korekce polohy (Véle, 1995).

Vzpřímené držení těla je náročným úkolem. Případné nedostatky v jeho udržení, které se projevují jako vady držení těla, mohou být důsledkem únavy nebo různých typů svalových oslabení. Vady v držení těla se stále častěji objevují již v dětském věku (Dvořáková, 2007).

V průběhu ontogeneze se uplatňuje stále výrazněji na řízení vzpřímené polohy těla mozková kůra (Trojan et al., 2003). Ontogeneze začíná vývojem motorických funkcí posturálních. U novorozence jsou zakódovány globální posturální reakce, u dospělých jsou reakce diferenciované. Celková posturální reakce se tedy postupně mění podle toho, jak se vyvíjí funkční diferenciace CNS při tvorbě posturálních programů. Dochází k diferenciaci prostorové i časové (Véle, 1995). Jinými slovy: ačkoliv si jedinec osvojuje vzpřímené držení těla především díky geneticky zakódovaným programům, s postupem času se více a více prolíná s pohybovými a jinými zkušenostmi jedince (Černá, 2009b).

Důležitou roli v udržení vzpřímené polohy těla u člověka hraje posturální kontrolní systém, jehož úkolem je kontrolovat pozici těla v prostoru za účelem udržení stability a orientace (Palmieri et al., 2002, Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Prvotní je udržení tělesné postury a přijetí příslušných vertikálních vztahů mezi jednotlivými tělesnými segmenty a v důsledku toho udržení vertikálního vzpřímeného postoje, druhou částí je udržení rovnováhy (Massion, Woollacott, 1996) nebo orientace v prostoru (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Posturální kontrola musí být udržována stále, zatímco stabilita a orientace je udržována s ohledem na požadovanou pohybovou úlohu. V některých situacích může být například upřednostněn požadavek orientace před stabilitou (např. požadavek orientace na míč ve sportovních hrách) (Shumway-Cook, Woollacott, 2001).

Základem funkce systému posturální kontroly je kontrola založená na zpětné vazbě, která tvoří okruh mezi mozkiem, respektive centrální nervovou soustavou (CNS) a kosterními svaly (Guskiewicz, Perrin, 1996). Zpětná vazba získaná od vestibulárních, zrakových a somatosensorických receptorů je vedena ke svalům končetin, které na základě těchto informací provedou vhodné kontrakce pro udržení posturální stability a orientace v prostoru.

Posturální funkce, která zajišťuje vzpřímené držení těla, probíhá subkortikálně v podvědomí a vnímáme ji pouze jako pocit posturální jistoty (Véle, 1995).

Posturální kontrola vyžaduje splnění dvou úkolů: integraci senzorických informací pro zhodnocení pozice a pohybu těla v prostoru a schopnost generovat síly pro kontrolu pozice těla (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Je tedy zapotřebí interakcí svalového, kosterního a nervového systému.

Určujícím pro vzpřímené držení těla a posturální kontrolu je gravitační síla, která poskytuje referenční rámec pro určení pozice různých tělesných segmentů v jejich vzájemném vztahu a ve vztahu k okolnímu prostředí (Massion, Woollacott, 1996).

2.1.4 Posturální stabilita a rovnováha v klidném stoji a při pohybu

I když člověk jen klidně stojí, dochází k neustálým spontánním výkyvům těla, které jsou normální. Pozice těžiště těla je udržována mezi tzv. limity stability, což jsou maximální vzdálenosti, ve kterých se může jedinec naklánět v jakémkoliv směru bez ztráty stability (Míková, 2006). Na stabilitu těla má vliv řada faktorů, jako např. narovnění těla, které při správném nastavení minimalizuje vliv gravitační síly, svalový (posturální) tonus, který je daný vnitřní pevností svalů, nervovým ovlivněním a aktivací antigravitačních svalů (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). V literatuře je právě posturální tonus často zmiňován jako hlavní mechanismus, kterým tělo odolává gravitaci, a posturální tonus svalstva trupu je označován jako klíčový pro kontrolu normální posturální stability ve vzpřímené pozici (Schenkman et al., 1992, Shumway-Cook, Woollacott, 2001).

Při narušení postury těla potřebuje centrální nervová soustava vyřešit dva úkoly závislé na vnějších silách. Za prvé musí aktivovat extenzory pro vyrovnání působení gravitace (posturální tonus) a za druhé musí stabilizovat střed působení gravitace těla (COG) vzhledem k podložce (Massion, Woollacott, 1996). Pro znovunabytí stabilní pozice je vždy zapotřebí více svalového úsilí. V této situaci jsou používány kompenzační posturální strategie (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Tato posturální reakce je zakódovaná v centrálním nervovém systému člověka (Véle, 1995).

Pohyby jedince jsou prakticky vždy doprovázeny aktivitou posturálních svalů. Některé z těchto změn se vyskytují ještě dříve, než je započat vlastní pohyb. Tyto změny můžeme označit jako anticipační (předvídavé) posturální přizpůsobení (anticipatory postural adjustment = APA). Předpokládanou úlohou těchto změn je minimalizovat narušení vertikální postury, které by mohlo nastat při pohybu. Později v odpovědi na signály z proprioreceptorů již při aktuálním posturálním narušení se objevuje druhá skupina reakcí, kterou můžeme označit jako kompenzační reakce (compensatory reactions = CR) (Latash, 1998). APA i CR jsou zřejmě předprogramovány. Liší se načasováním vzhledem k pohybu končetin a způsobem jakým jsou spuštěny: dopředným (feedforward) nebo zpětnovazebným (feedback).

Latash (1998) popisuje několik obranných mechanismů proti neočekávanému nebo nekompenzovanému posturálnímu narušení. První linií obrany je tzv. „periferní elasticita“, pružnost svalů, šlach a jiných tkání, díky které odolává lidské tělo vychýlení. Druhou linií obrany je napínací reflex. Navazujícím obranným mechanismem, který má oproti předchozím zpoždění, je tzv. předprogramovaná korektivní (opravná) reakce, kterou můžeme popsat jako kombinaci vzoru svalové aktivity a specifity daného narušení.

Kontrola rovnováhy lidského těla je neoddělitelná od procesu posturální kontroly a tyto procesy se vzájemně prolínají. K řízení rovnováhy (stabilizace) v určité poloze je nutné vytvoření určitých základních vzorů (programů). Na polohový program navazuje cílený pohybový program sloužící k realizaci daného pohybového záměru (Véle, 1997).

Posturální kontrola a kontrola rovnováhy jsou klíčové pro realizaci pohybových dovedností člověka (Černá, 2009a). V závislosti na druhu pohybového úkolu je schopnost udržení rovnováhy používána ve statických nebo dynamických podmínkách. Mluvíme o statické a dynamické rovnováze. Statická rovnováha je definována jako schopnost udržet statickou polohu těla v podmínkách, kdy neexistují významné pohyby těla (Mikolajec, Rzepka, 2007). Jde o udržení postury, např. ve stoji nebo sedu (Westcott et al., 1997). Těžiště těla zůstává nad plochou opory. Dynamická rovnováha se uplatňuje při pohybu těla a je definována jako schopnost udržet posturální kontrolu během pohybů, jako např. při dosahování na předmět nebo při chůzi (Westcott et al., 1997). Statická i dynamická rovnováha jsou důležitými a nezbytnými schopnostmi.

Pro udržení rovnováhy ve statických nebo dynamických podmínkách jsou používány rozdílné strategie vycházejí z centrální nervové soustavy. Statické polohy, např. klidný stoj, jsou kontrolovány senzoricou zpětnou vazbou na základě systému uzavřené smyčky (closed loop). Střed tlaku nohou (COP) se pohybuje souhlasně s těžištěm těla (center of mass – COM) (Winter et al., 1998). Pro tento typ kontroly je nutná integrace zrakových a propioceptivních vjemů prostřednictvím CNS (Massion, Woollacott, 1996). Udržování rovnováhy v dynamických podmínkách využívá systém otevřené smyčky (open loop) a vyžaduje použití tzv. dopředného systému kontroly (feedforward). Dopředný systém kontroly předvídá narušení rovnováhy a připravuje se na něj pomocí anticipačního posturálního přizpůsobení (APA), které umožní lépe udržet stabilitu. Tato předběžná posturální svalová aktivita nevyžaduje pro své spuštění senzoricke vstupy (Westcott et al., 1997). Kontrola rovnováhy v dynamických podmínkách je více založena na reflexech a závisí na schopnosti rychle transformovat narušení rovnováhy do vhodné motorické odpovědi (Hatzitaki et al., 2002). Je zřejmé, že udržení rovnováhy v dynamických podmínkách je komplexnějším a náročnějším úkolem než udržení statické rovnováhy. Důvodem je změna působících sil, kterým se jedinec musí průběžně přizpůsobovat pomocí svalové činnosti (Fetz, 1987).

2.2 Senzorické systémy

Informace o zevním i vnitřním prostředí jsou základem existence života na všech stupních jeho vývoje. Funkce nervové soustavy zahrnuje receptorovou detekci, zařazení informace a následné chování (Nevšimalová et al., 2002). Ani proces posturální kontroly se neobejde bez informací senzorickeho systému, který podává informace o poloze těla v prostoru a o tom, zda je tělo v klidu nebo pohybu.

Pro posturální kontrolu a udržení rovnováhy jsou důležité informace pocházející ze tří různých senzorickeho systémů. Jsou to vestibulární, zrakový a somatosensorický systém. Konečnou orientaci v prostoru a pocit rovnováhy zahrnuje souhra vestibulárního systému a smyslových systémů, zejména zraku a propiocepce (Nevšimalová et al., 2002). Centrální nervová soustava musí organizovat informace ze senzorickeho receptorů celého těla a poté až může určit polohu těla v prostoru (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Schopnost rovnováhy je tedy výsledkem činnosti složitého komplexního regulačního systému, který používá

informace o poloze těla ve vztahu ke gravitaci a okolnímu prostředí (Forssberg, Nashner, 1982, Guskiewicz, Perrin, 1996, Nolan et al., 2005) a je výsledkem souhry činnosti analyzátorů a centrální nervové soustavy, která integruje a zpracovává získané informace, a na základě toho umožňuje tvořit adekvátní svalové odpovědi (Fetz, 1987, Hatzitaki et al., 2002). Tyto svalové odpovědi můžeme nazvat balančními pohyby, jde hlavně o pohyby v kloubech kotníku, kolen a kyčlí, které kontrolují a koordinují průběh kinematického řetězce pohybu (Guskiewicz, Perrin, 1996).

K průběžnému udržování a stabilizaci výchozí polohy slouží jak informace z vestibulárního orgánu, tak z propioceptivních čidel ve svalech, šlachách, kloubních pouzdrech a ligamentech. Signalizace z vnitřního prostředí systému poskytuje informace o změnách postavení hlavy a jednotlivých tělesných segmentů. Pomocí zpětné vazby (feedback) se daná poloha udržuje podle určitého předem zvoleného programu.

Udržení rovnováhy vyžaduje integraci informací z různých zdrojů, tedy informací vestibulárních, zrakových a propioceptivních (Latash, 1998). Každý z těchto smyslů poskytuje specifické informace a odlišný referenční rámec pro posturální kontrolu (Gurfinkel et al., 1991). V následující části práce podrobně popíšeme jednotlivé senzory, které se účastní procesu posturální kontroly a uplatňují se v udržení rovnováhy těla.

2.2.1 Vestibulární systém

Vestibulární systém mozku a vnitřního ucha poskytuje signály vedoucí k relativní orientaci hlavy vzhledem ke směru gravitačního pole země (Latash, 1998) a k působícím setrvačným silám (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Orgány vestibulárního aparátu jsou umístěny ve vestibulu vnitřního ucha a jeho nejdůležitějšími strukturami jsou semicirkulární kanálky a labyrint. Vestibulární systém slouží k detekci úhlového a lineárního zrychlení hlavy, a tím k udržování rovnováhy v závislosti na její poloze a k relativní stabilizaci obrázku na sítnici. Reflexně řídí pohyby končetin a očí používané k udržení rovnováhy a reguluje svalový tonus (Kuthan, 2003).

Vestibulární systém je společně se sluchovým ústrojím uložen v kostním labyrintu. Membranózní labyrint je tvořen třemi semicirkulárními kanálky (Nevšimalová et al., 2002).

Semicirkulární kanálky jsou primárně citlivé na rychlé pohyby hlavy jako ty, které se objevují v průběhu chůze, běhu nebo při ztrátě rovnováhy (Horak, Shupert, 1994).

Lze oddělit dynamickou a statickou funkci vestibulárního systému. Dynamickou funkci plní receptory v semicirkulárním kanálku, které informují o rotaci hlavy v prostoru a hrají důležitou roli v reflexní kontrole pohybu očí. Toto čidlo lze podle Kuthana (2003) nazvat kinetickým a registruje počátek a konec rotace, akceleraci a deceleraci. Statickou funkci zajišťují většinou vlasové buňky utriculu a sacculu, které monitorují absolutní pozici hlavy v prostoru a hrají velmi důležitou roli v posturální kontrole (Latash, 1998). Tato druhá část se nazývá čidlo statické a funguje jako multidimenzionální akcelometr a polohoměr (Kuthan, 2003).

Informace z vestibulárního systému jsou důležité pro rozlišení mezi pohyby exocentrickými a egocentrickými (Shumway-Cook, Woollacott, 2001), tedy v situaci, kdy nám zrak podává informace o pohybu, ale hýbe se okolí, nikoliv naše tělo. Aferentní signály z labyrintu umožňují posturální reflexní reakce, které udržují hlavu a trup ve vzpřímené poloze, a také vestibulookulomotorický reflex, který je reakcí na změny polohy hlavy a zajišťuje fixaci pohledu na sledovaný objekt (Králíček, 2002).

Vestibulární signály samy o sobě nemohou poskytnout centrální nervové soustavě dostatek informací pro získání pravdivého obrazu, jak se tělo pohybuje v prostoru, neboť například nedokáže rozlišit, zda se hýbe jen hlava, nebo celé tělo v prostoru (Shumway-Cook, Woollacott, 2001).

2.2.2 Zrakový systém

Zrakový systém je základním zdrojem informací pro lidský mozek. Pokud se zraková informace dostane do konfliktu s jinými informacemi, mají lidé tendenci věřit zraku (Latash, 1998).

Zrakový systém nám poskytuje informace o pozici a pohybu hlavy ve vztahu k okolním objektům. Konkrétně je na základě zrakových vjemů posuzována vertikálnost a horizontálnost, což slouží k orientaci os těla (Massion, Woollacott, 1996), a to zda se hlava pohybuje vpřed

nebo vzad (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Výzkumy ukázaly, že zešíkmení zrakového pole modifikuje vertikální a posturální orientaci (Massion, Woollacott, 1996). Zrak poskytuje periferní a centrální zrakové vjemy. Některé výzkumy naznačují, že pro posturální kontrolu jsou důležitější periferní zrakové stimuly a pohyb zrakového pole (Paulus et al., 1984, Assaiane, Amblard, 1992).

Schopnost rovnováhy a posturální kontrola jsou na zraku silně závislé, ale zrak není nezbytný. Je dokázáno, že různé ukazatele posturální stability se zhoršují v postojích, kdy má testovaná osoba zavřené oči. Patrný je nárůst výkyvů těla, větší odchylky COM v odpovědi na posturální narušení i větší odchylky jako reakce na uměle vyvolané vibrace posturálních svalů (Latash, 1998). Na druhou stranu však člověk dokáže udržet rovnováhu i ve tmě nebo se zavřenýma očima.

Z hlediska stability lidského těla je důležitý vestibulookulární reflex, jehož centrem jsou vestibulární jádra a který byl již zmíněn v předchozí kapitole. Vestibulo-okulární reflex stabilizuje sítnicový obraz při pohybu hlavy (Kuthan, 2003), a zajišťuje tím fixaci pohledu na sledovaný objekt (Králiček, 2002).

Ani zrakové vjemy nejsou vždy přesným zdrojem informací, neboť jsou situace, kdy může mozek na základě zrakových informací jen těžko rozlišit, zda se pohybuje okolní objekt, nebo jde o vlastní pohyb těla (Shumway-Cook, Woollacott, 2001).

2.2.3 Somatosenzorický systém

Somatosenzorický systém poskytuje centrální nervové soustavě informace o vztazích těla k podložce a o vztazích tělesných segmentů mezi sebou (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Somatosenzorický (somatoviscerální) systém není soustředěn do jednoho orgánu. Řadíme do něj vnímání povrchové, zejména kožní citlivosti, kde jsou z hlediska udržení rovnováhy důležité mechanoreceptory zodpovědné za vnímání tlaku a vibrací a čítí hluboké, tzv. systém hluboké citlivosti zahrnující vnímání pomocí proprioreceptorů umístěných v kosterních svalech, šlachách, kloubech a periostu. Prostřednictvím somatosenzorického systému je vnímána kvalita a intenzita podnětu, který můžeme lokalizovat (Kuthan, 2003). Informace

důležité pro reflexní svalovou činnost přicházejí tedy jednak z exteroceptorů uložených v kůži a jednak z proprioreceptorů uložených ve svalech a šlachách.

U propriorecepce rozlišujeme tři základní funkce: polohový smysl informuje o vzájemné poloze částí těla a postavení kloubů, pohybový smysl kóduje pohyby, rozsah a rychlost pohybu v kloubech a silový smysl umožní odhad svalové síly a odporu během vykonávaného pohybu. Tyto funkce zajišťují hlavně svalové proprioreceptory: svalová vřeténka a Golgiho šlachová tělíska (Kuthan, 2003). Svalová vřeténka, která jsou uložena v podélné ose svalu a jsou se svalovými vlákny zapojena paralelně, reagují na protažení svalu. Vedle změny délky svalu jsou vlákna citlivá i na rychlost těchto změn (Alter, 2004).

Podle Janury (2003) jsou svalová vřeténka protáhlé útvary délky 2-10 mm, které jsou tvořeny intrafuzálními svalovými vlákny. Intrafuzální vlákna jsou orientovaná rovnoběžně s extrafuzálními vlákny kosterního svalu. Množství svalových vřetének ve svalu je relativně stálé a pohybuje se od několika vřetének po několik desítek. Výstupy ze svalových vřetének jsou předávány pomocí aferentních nervových zakončení.

Golgiho šlachová tělíska, umístěna ve šlachách v blízkosti začátku svalu, jsou se svalovými vlákny zapojena v sérii a jsou citlivá na napnutí šlachy při kontrakci svalu nebo na zvýšení svalového napětí (Alter, 2004). Golgiho tělísko je tvořeno svazkem kolagenních vláken v jemném vazivovém pouzdře, která se nacházejí na přechodu šlachy a svalu a jsou citlivá na mechanickou deformaci, tedy na změnu velikosti výstupní síly. Na rozdíl od svalového vřeténka dochází k aktivaci i v případě zkrácení svalu (Janura, 2003).

2.2.4 Přispění sensorických systémů k posturální kontrole

Velikost vlivu jednotlivých sensorických systémů a jejich důležitost pro udržení rovnováhy byla zkoumána v řadě studií (Zernicke et al., 1982, Assaiante, Amblard, 1992, Hytönen et al., 1993, Hatzitaki et al., 2002). Jak přispívají jednotlivé sensorické systémy k posturální kontrole vysvětluje podrobně Guskiewicz, Perrin (1996). Informace pocházející z vestibulárního systému může být použita různými způsoby. Za prvé kontroluje pohyby očních svalů, a tím umožní, že při změně polohy nebo při pohybu hlavy zůstávají oči fixované na jeden bod. V druhém případě jsou vestibulární informace použity pro udržení vzpřímené

polohy hlavy. Třetí situace zahrnuje uvědomění si pozice těla a vyslání informací do kůry thalamu. Vestibulární systém je primárně zodpovědný za stabilizaci při pomalých výkyvech těla, které jsou dosaženy při lehčí úrovni aktivace nohou. V normálních podmínkách se lidé spoléhají častěji na zrakové a proprioceptivní informace, jakmile se však tyto podmínky změní (např. naklonění stojné plochy, změna pohybu, změna polohy hlavy apod.), zapnou se automatické kontrolní mechanismy vycházející z vestibulárního aparátu a je okamžitě stabilizován směr pohledu. I přes to, že zrak je v kontrole rovnováhy obvykle velmi důležitý, při náhlém vychýlení stojné plochy, a tedy i pozadí, dostávají vestibulární vjemy automaticky přednost před zrakovými. Vestibulární aparát ovlivňuje držení hlavy a krku ve vertikální pozici.

Všechny tři sensorické systémy vestibulární, zrakový i somatosenzorický ovlivňují posturální a rovnováhovou kontrolu během klidného stoje s mírnými výkyvy. Jakmile dojde k narušení tohoto stoje, např. vychýlením podložky, zdají se být dominantní somatosenzorické vstupy (Diener et al., 1986). Somatosenzorické vstupy, zejména proprioceptivní, jsou dominantní především ve stoji na pevném povrchu, na nestabilním povrchu naopak nabývá na významu kontrola zraková a vestibulární (Maurer et al., 2000).

2.3 Vývoj posturální stability

2.3.1 Vývoj sensorických systémů a jejich příspěví ke kontrole rovnováhy

Vzpřímená poloha těla u člověka je regulována komplexním kontrolním systémem zahrnujícím vizuální, vestibulární a somatosenzorický systém. Zapojení jednotlivých systémů do posturální kontroly se mění. Aby byl člověk schopný vypořádat se s různými situacemi náročnými na rovnováhu, musí systém flexibilně vybírat mezi zrakovou, vestibulární nebo proprioceptivní kontrolou rovnováhy (Hytönen et al., 1993). Vývoj jednotlivých sensorických systémů probíhá v různých obdobích ontogenetického vývoje (Nolan et al., 2005). Jako první dozrává somatosenzorický (exteroreceptivní a proprioceptivní systém) a po něm následují nejprve vizuální a posléze vestibulární systém (Hirabayashi, Iwasaki, 1995, Steindl et al., 2006). O důležitosti proprioceptivních informací u dětí a vizuálních

informací u starších osob hovoří Hytönen et al. (1993), Mlíka (2008), Nougier et al. (1998), Pyykkö et al. (1988).

Závislost posturální stability na zraku je potvrzena i u nejmenších dětí. Zdá se, že zrakový systém hraje zásadní roli v aktivaci posturálních odpovědí (Mlíka, 2008). Westcott et al. (1997) uvádějí, že novorozenci a malé děti (4 měsíce až 2 roky) jsou pro udržení rovnováhy závislé na zrakovém systému, což vyplývá z výzkumů provedených u dětí umístěných do místnosti s pohyblivými stěnami. Ve 3-6 letech začínají děti využívat somatosenzorické informace a následně v 7-10 letech jsou děti schopné vyřešit konflikt mezi zrakovým a somatosenzorickým vnímáním pomocí vestibulárních vstupů (Forssberg, Nashner, 1982, Woollacott et al., 1989).

Největší rozvoj integrace sensorických informací se objevuje u dětí mezi 4 a 6 lety (Nolan, 2005), což zřejmě souvisí s dokončováním vývoje centrální nervové soustavy v tomto věku. V následujícím období, jak se shoduje většina autorů, se kontrola rovnováhy dostává na úroveň srovnatelnou s dospělými (Shumway-Cook, Wollacott, 1985), ale zatímco dospělí mohou v každodenní kontrole rovnováhy lehce měnit mezi vestibulárním, proprioreceptivním a zrakovým systémem, u dětí, které teprve sbírají zkušenosti, není taková flexibilita možná (Hytönen et al., 1993). Steind et al. (2006) uvádějí, že zrakový a vestibulární aferentní systém dosahuje podobné úrovně jako u dospělých mezi 15 a 16 lety.

2.3.2 Vývoj adaptace posturálního systému a změny v používaných strategiích kontroly rovnováhy

Vývoj kontroly rovnováhy popisují Assaiante, Amblard (1995). První periodou je období od narození do osvojení vzpřímeného postoje, kdy se zřetelně ukazuje cefalokaudální trend. Pro toto období je charakteristická sestupná organizace posturální kontroly, při které děti kontrolují sestupně od hlavy směrem dolů celé tělo, které je pod vlivem gravitace. Osvojení stoje je důležitým mezníkem ve vývoji a znamená přechod k další vývojové periodě. Tato druhá perioda začíná osvojením samostatného bipedálního stoje a končí okolo šesti let věku dítěte. Kontrola rovnováhy je pravděpodobně kontrolována vzestupně. Ve statických podmínkách je rozhodující kontakt nohou s podložkou a kontrola probíhá od chodidel k hlavě. U dynamické rovnováhy dochází ke stabilizaci na úrovni kyčle a ke kontrole rovnováhy

dochází vzestupně od kyčle k hlavě a sestupně od kyčle k chodidlům. Zhruba od sedmi let věku dítěte začíná třetí vývojová perioda, pro kterou je charakteristická sestupná organizace rovnováhy, jejímž základem je stabilizace hlavy v prostoru. U dospělých pak nastupuje perioda poslední, která používá jak sestupné kontroly na základě stabilizace hlavy v prostoru, tak vzestupné. Kontrola rovnováhy je selektivní, vhodná strategie je vybrána v závislosti na druhu pohybového úkolu.

Vývoj posturální kontroly a schopnosti kontrolovat rovnováhu je důležitou součástí motorického vývoje dětí, v průběhu kterého dochází k získávání a zdokonalování ve dvou typech motorických činností. Prvním typem je motorická kontrola zahrnující například koordinaci mezi jednotlivými částmi těla při pohybu a druhým typem je automatické posturální přizpůsobení zahrnující například posturální odpovědi na narušení postoje (Shumway-Cook, Woollacott, 1985). Tyto dva typy motorických akcí můžeme též zjednodušeně označit jako volní pohyby a posturální pohyby. Z provedených výzkumů vyplývá, že vývoj systému posturální odpovědi pravděpodobně silně ovlivňuje vývoj motorické kontroly volního (vědomého) pohybu (Woollacott et al., 1987). První krok procesu posturální kontroly u dětí spočívá podle Assaiante et al. (2005) ve vytvoření zásobníku posturálních strategií. Druhým úkolem je, aby se děti naučily vybrat nejvhodnější posturální strategii, což závisí na schopnosti předvídat následky pohybu vzhledem k udržení rovnováhy a splnění pohybového úkolu.

Změny v organizaci posturální odpovědi s věkem hledali ve své studii Woollacott et al. (1987). U dětí ve věku 18 měsíců až 3 roky se ukázala podobná odpověď svalů nohou na posturální narušení jako u dospělých. Posturální narušení bylo ve stoji navozené pohybem plošiny, na které testované osoby stály. Tato posturální odpověď však měla větší amplitudu a delší trvání než u dospělých. U dětí ve věku 4-6 let se ukázal pokles v organizaci posturální odpovědi. Odpovědi svalů na posturální narušení byly více variabilní než u mladší věkové skupiny a stejně tak děti ve starší věkové skupině (7-10 let) a dospělí vykazovali odpovědi méně variabilní. Velkou variabilitu a delší reakční čas posturálních odpovědí dětí v tomto věku potvrzují Woollacott et al. (1989). Navzdory nedokonalostem v posturálních reakcích se děti mezi 4. a 6. rokem chvěly při pohybech platformy méně než mladší děti. Westcott et al. (1997) upozorňují na existenci přechodné fáze mezi 4 a 6 lety, která může vysvětlovat uvedený pokles v organizaci posturální odpovědi. Woollacott et al. (1989) uvádějí, že nejpravděpodobnější vysvětlení těchto změn jsou změny nervového systému. Určité

nedostatky, které se objevují v posturální organizaci, mohou souviset s tím, že se děti v tomto věku učí integrovat zrakové, proprioceptivní a vestibulární vjemy pro udržení rovnováhy (Woollacott et al., 1987). Lze předpokládat, že děti v tomto období zvyšují svou vnímavost k jiným než zrakovým senzoričným informacím. Jde o důležité stádium ve vývoji motorického učení, které vede k podobné posturální kontrole, jakou mají dospělí.

Vývoj posturální odpovědi svalů nohou je u dětí mezi 7 a 10 rokem již dokončen, zatímco vývoj posturální odpovědi horní části těla není v 10 letech ještě ukončen (Woollacott et al., 1987, Woollacott et al., 1989). Westcott et al. (1997) potvrzují, že mezi 7 a 10 lety dosahuje koordinace posturální odpovědi podobného stupně zralosti jako u dospělých.

U dětí mladších sedmi let se v korekci pohybu významně uplatňuje balistická open-loop strategie (Mlíka, 2008). Balistický typ kontroly je používán dětmi do 7 let i v posturální kontrole (Riach, Starkes, 1994). Tento způsob kontroly je charakteristický větší rychlostí a amplitudou výkyvů (Kirshenbaum et al., 2001), jsou při něm tedy vykonávány větší a rozsáhlejší korekce pohybu COP. Tento typ pohybů je předprogramován nervovým systémem. Okolo 8-9 let věku děti přecházejí od balistického vysokorychlostního způsobu kontroly postury ke způsobu, který upřednostňuje přesnost, a výkyvy COP se tak stávají menšími s vyšší frekvencí (Taguchi, Tada, 1988, Riach, Starkes, 1994). V modelu senzomotorické kontroly rovnováhy podle Assaiante, Amblard (1995) odpovídá používání balistické open-loop strategie periodě vzestupné kontroly rovnováhy. Později nastupující způsob posturální korekce je umožněn zdokonalením vizuálního vnímání okolo 7-8 let, které se integruje s dalšími senzomotorickými informacemi (Forsberg, Nashner, 1982). Důsledkem je, že děti začínají přesněji korigovat pohyb COP a přecházejí k přesnější strategii kontroly rovnováhy, která zahrnuje integraci open-loop a closed-loop systému (Kirshenbaum et al., 2001, Nolan et al., 2005, Rival et al., 2005), nebo začínají nejprve preferovat closed-loop systém a později v adolescenci a dospělosti používají integraci obou systémů (Riach, Starkes, 1994). V této době se děti učí lépe využívat vizuální informace, považované za nejdůležitější zdroj regulace na základě zpětné vazby, a to jim umožní udělat pokrok od balistické strategie ke strategii closed-loop, charakteristické kratšími a častějšími výkyvy COP (Rival et al., 2005). Dle modelu Assaiante a Amblard (1995) lze toto období zařadit do periody sestupné kontroly rovnováhy.

2.3.3 Vývoj kontroly rovnováhy v klidném stoji

Stabilita v klidném stoji znázorněná množstvím spontánních výkyvů se zlepšuje s věkem (Schumway-Cook, Woollacott, 2001). Existuje velká variabilita v amplitudě výkyvů u malých dětí, která systematicky klesá s věkem a zlepšováním rovnováhy u dětí (Taguchi, Tada, 1988). Tento progresivní vývoj posturální stability u dětí je dobře dokumentován v řadě studií (Figura et al., 1991, Nolan et al., 2005, Odenrick, Sandstedt, 1984, Riach, Starkes, 1994, Rival et al., 2005, Usui et al., 1995, Wolff et al., 1998). Zdokonalování posturální kontroly u dětí je popsáno poklesem velikosti výkyvů od střední pozice (Odenrick, Sandstedt, 1984, Taguchi, Tada, 1988) a frekvence posturálních výkyvů (Kirschenbaum et al., 2001).

Rychlost COP měřená během stoje se s věkem zmenšuje až do dospělosti a ve stáří se opět zvětšuje. Vykazuje tedy křivku tvaru U (Hytönen et al., 1993). Snížení rychlosti výkyvů během dětství prokázaly práce řady autorů (Nolan et al., 2005, Riach, Starkes, 1994, Wolf et al., 1998). Sledovaným obdobím byl věk 4 až 15 let (Riach Starkes, 1994), 5-15 let (Wolf, 1998) a 9-16 let (Nolan et al., 2005). Největší změny se objevily podle Riach, Starkes (1994) mezi 6 a 9 lety. Podobný trend byl zjištěn při porovnání rychlosti výkyvů u věkových skupin dětí, kdy rychlost klesala více mezi 5-6 lety a 7-8 roky než mezi 7-8 lety a dospělostí (Streepey, Angulo-Kinzler, 2002, Wolff et al., 1998). Po devátém roce věku je pokles mírnější (Nolan et al., 2005). To naznačuje, že v periodě mezi 5 a 8 lety dramaticky roste výkon v rovnováze. Pokles v rychlosti může ukazovat na změnu kontrolní strategie řízení rovnováhy od balistické, založené na rychlosti, k pomalejší, sensoricky vedené, která je založena na přesnosti (Kirschenbaum et al., 2001).

Zatímco od dětství do dospělosti rychlost výkyvů těla klesá, ve stáří přichází její opětovný nárůst. Hytönen et al. (1993) zjistili nárůst rychlosti od 60 let věku. Autoři uvádějí, že ačkoliv děti a staré osoby vykazují stejně vysokou rychlost kývání, funkční schopnost udržovat rovnováhu zřejmě stejná není.

Kirshenbaum et al. (2001) měřil výkyvy COP ve směru antero-posterior (předozaďní). Zatímco průměrná rychlost po dosažení svého minima okolo šestého roku věku přechodně stoupá, předozaďní výchylky klesají. Malé amplitudy s vysokou rychlostí mohou odrážet potřebu omezení stupňů volnosti související s pokračováním zapojování všech sensorických systémů do korekčních odpovědí.

Pokles amplitudy výkyvů COP s věkem potvrzují i další práce. Wolf et al. (1998) uvádí pokles v amplitudě výkyvů v medio-laterálním i antero-posteriorním směru u dětí ve věku 5 až 18 let s výjimkou porovnání měření u pěti a sedmiletých dětí, kde se objevil mírný nárůst. Figura et al. (1991) uvádějí, že průměrný radius klesal s věkem u dětí ve věku 6, 8 a 10 let a také mezi 10. rokem a dospělostí, kde ale klesal výrazně méně než rychlost. To může ukazovat na to, že ačkoliv jsou desetiletí schopni udržovat rovnováhu srovnatelně jako dospělí, je tato schopnost stále ještě ve fázi vývoje, a pro její udržení jsou tedy používány větší rychlosti pohybu COP. Taguchi a Tada (1988) uvádějí, že velikost amplitudy ve směru antero-posteriorním se u dětí ve věku 9-12 let nelišila od dospělých, zatímco medio-laterální složka se dostala na úroveň dospělých až po 12. roce věku.

Mladší děti do věku 7,5 let zřejmě uplatňují širší a více variabilní odpovědi pohybu COP v průběhu statického postoje než starší děti ve věku 7,5 až 10 let (Forssberg, Nashner, 1982). To se ukázalo v běžném stoji obouoř s otevřenými i zavřenými očima i ve stoji na nestabilní podložce. Výsledky měření COP u dětí a adolescentů publikoval Wolf et al. (1998). U dětí ve věku 5 až 18 let zjistil, že se parametry COP měřené ve stoji na obou nohách se zlepšují od nejmladších dětí k nejstarším. Zdokonalování ve statické rovnováze s věkem mezi 6. a 10. rokem věku potvrzují také Figura et al. (1991), kteří uvádějí větší rozdíly mezi šestiletými a osmiletými dětmi než mezi osmiletými a desetiletými. Pokles v rychlosti a rozsahu pohybu COP uvádějí i Rival et al. (2005), která porovnávala skupiny dětí ve věku 6, 8 a 10 let. Uvedené výsledky ukazují, že mladší děti mají obtížnější udržení balanční kontroly.

Podle Shumway-Cook a Woollacott (2001) dosahují spontánní výkyvy těla u dětí podobné úrovně jako u dospělých mezi 9. a 12. rokem v podmínkách s očima otevřenými a mezi 12. a 15. rokem ve stoji s očima zavřenými.

2.3.4 Faktory ovlivňující posturální stabilitu a rovnováhu

Posturální stabilita může být ovlivněna vnitřními faktory mezi které patří rozměry těla, složení těla, pohlaví, stav centrální nervové soustavy, stav svalového aparátu apod. K vnějším činitelům pak mohou patřit podmínky, v kterých se jedinec nachází a které ovlivňují obtížnost rovnovážného úkolu, stimulace v podobě koordinačního tréninku nebo pohybová zkušenost jedince.

Lebiedowska, Syczewska (2000) nenalezly signifikantní korelace mezi parametry výkyvů ve stoji na obou nohách a vývojovými faktory (tělesná výška, hmotnost, BMI), stejně tak však nenalezly ani korelaci s věkem. V situaci, kdy byla testovaným osobám při stejném úkolu k dispozici vizuální zpětná vazba, se signifikantní korelace věku a většiny parametrů výkyvů objevila. Signifikantní negativní korelace mezi stabilitou těla (vyjádřenou celkovou délkou dráhy za 30 s) a BMI našel Shintaku et al. (2005) u předškolních dětí ve věku 6 let. Peeters et al. (1984) uvádí, že závislost parametrů stability na výšce a hmotnosti měla stejný původ jako ta na věku a že hmotnost ani výška neměla přímý vliv na parametry stability.

Významně větší variabilitu výkyvů a rozsah výkyvů v mediolaterálním směru u obézních prepubertálních chlapců oproti normálním chlapcům našli McGraw et al. (2000).

Chiari et al. (2002) zkoumali vliv antropometrických veličin a plochy chodidla na stabilometrické parametry u dospělých osob. Většina stabilometrických parametrů vykazala střední až vysokou závislost na antropometrických faktorech, která ještě zesílila ve stoji se zavřenými očima. Například průměrná rychlost výkyvů byla silně závislá na výšce subjektů.

Dalším faktorem, který ovlivňuje posturální stabilitu dětí je pohlaví. Některé studie dokládají, že v dětském věku se dívky kývají méně než chlapci (Usui et al., 1995, Nolan et al., 2005), v některých studiích není rozdíl mezi pohlavími přesvědčivý (Figura et al., 1991). Odenrick, Sandstedt (1984) a Riach, Hays (1987) například ukázali, že parametry výkyvů se stabilizují dříve u dívek než u chlapců a že chlapci využívají v podmínkách bez zrakové kontroly odlišnou balanční strategii než dívky. Geldhof et al. (2006) uvádí, že dívky ve věku 9 – 10 let mají lepší parametry rovnováhy než chlapci. Mlíka (2008) uvádí, že u dívek se objevuje kombinace open-loop a closed-loop strategie o několik let dříve než u chlapců, což je považováno za vyspělejší způsob posturální kontroly. Vzhledem k existenci rozdílů mezi chlapci a děvčaty se ukazuje jako vhodné vyhodnocovat ve výzkumech posturální stability chlapce a dívky zvlášť. Na tento fakt upozorňují ve své práci Nolan et al. (2005).

Je pravděpodobné, že současně s věkem působí na kontrolu rovnováhy také faktor obtížnosti úkolu. Ve studii Woollacot et al. (1987) starší děti odpovídaly podobně jako dospělí na narušení stoje, když byla tato narušení pomalá. Když se obtížnost zvýšila a narušení byla rychlejší, pak se tato odpověď od dospělých lišila. Figura et al. (1991) ukazují odlišnosti v kontrole statické rovnováhy, které jsou ovlivněny obtížností úkolu. Ve stoji na obou nohách (stoj snožný) byla průměrná rychlost pohybu COP a radius u dětí srovnatelný s dospělými.

V obtížnějších polohách stoje jednož a stoje měrného (nohy za sebou) se u dětí objevila větší rychlost i rádius pohybů COP. To naznačuje, že zatímco ve snadnějších úlohách je schopnost kontrolovat rovnováhu srovnatelná s dospělými, u obtížnějších úloh děti vykazují větší problémy se splněním úkolu. To potvrzuje studie Streepey a Angulo-Kinzler (2002), v které starší děti (10 – 11 let) vykazovaly podobnou balanční kontrolu jako dospělí ve snadnějších úkolech. V náročnějších úlohách se jejich balanční kontrola podobala spíše mladším dětem (6 let).

2.4 Kvantitavní hodnocení posturální kontroly a rovnováhy

Problémem při vyhodnocování údajů z již publikovaných prací je skutečnost, že existuje velké množství veličin, které se používají k hodnocení posturální stability, respektive kontroly rovnováhy, a tyto veličiny jsou měřeny na množství různých nástrojů. Pro vyšetření posturální stability se používají přístroje využívající 2 hlavní principy (Vařeka, 2002a): silové desky, které mají snímače ve třech nebo čtyřech rozích a plošiny, v kterých je na ploše umístěno velké množství snímačů tlaku (např. Footscan). Tyto desky umožňují podrobnější analýzu rozložení tlaků pod každou nohou i pod jejími částmi.

Při měření posturální stability je nutné brát v úvahu pozici COM (centre of mass), která je kontrolována pomocí COP. Kirschenbaum et al. (2001) uvádí, že zatímco COM nám dává informace o stabilitě, COP (center of pressure) poskytuje informace o kontrolním procesu nebo strategii použité v kontrole postury. Pohyb COP je výraznější než COM, které se pohybuje relativně pomaleji a v menším rozsahu (Riach, Starkes, 1993, Winter, 1990). Obrazně řečeno je COM hlídáno pomocí COP, podobně jako hlídá ovčácký pes ovce (Kirschenbaum et al., 2001). Těsný vztah parametrů amplitudy a frekvence COP a COG (tedy i COM) byl opakovaně prokázán (Vařeka, 2002a).

COP nám poskytuje nepřímo informace o stabilitě v klidném stoji, neboť v klidném stoji je pozice COP téměř vyrovnaná v jedné linii s COM (Kirchenbaum et al., 2001). Měření je založeno na předpokladu, že pohyb COP odráží kontrolu a přizpůsobení. Amplitudu výkyvů můžeme kvantifikovat pomocí zaznamenávání polohy COP a výpočtem směrodatné odchylky od průměrné pozice v daném čase (Odenrick, Sandstet, 1984, Taguchi, Tada, 1988).

Různé sledované parametry COP se zřejmě vztahují k různým aspektům posturální stability a také mají vztah k různým strategiím, např. variabilita rychlosti COP odráží použití taktiky open-loop nebo closed-loop (Vařeka, 2002a). Kirschenbaum et al. (2001) uvádí, že rychlost pohybu COP odráží proces posturální kontroly a druh použité kontrolní strategie (pomalé – closed loop, nebo rychlé – open loop). Statická posturografie je nejjednodušší a nejdostupnější cestou ke studiu multisenzorické integrace v posturální stabilitě (Cornilleau-Peres et al., 2005).

Parametry COP, které jsou používány pro hodnocení rovnováhy hodnotí Palmieri et al. (2002). Podle Palmieriho lze pro hodnocení posturální rovnováhy využít průměrnou amplitudu COP, kdy vzrůstající hodnoty mohou ukazovat na sníženou posturální kontrolu. Pro hodnocení posturální rovnováhy ji lze uvádět ve směrech předozadním (antero-posterior) a bočním (medio-laterálním), ale může se u ní vyskytnout velká chyba, např. v důsledku vyrušení testované osoby. Jako diskutabilní označuje užití parametru rychlost COP, jehož vyšší hodnota je často považována v literatuře za příznak zhoršené schopnosti kontrolovat posturu. K veličinám celková dráha COP (total excursion) a rychlost COP uvádí, že pro určení změn v posturální kontrole není jejich použití zaručené. Jako reliabilní parametry pro hodnocení posturální rovnováhy označuje RMS amplitudy a RMS rychlosti. RMS amplitudy definuje jako průměrné absolutní vychýlení od průměrné pozice COP. RMS rychlosti jako rozložení vychylek COP v čase. Pokles obou hodnot ukazuje na nárůst schopnosti udržet vzpřímený postoj.

2.4.1 Práce zabývající se měřením COP

Délku dráhy COP v čase (rychlost) ve stoji s otevřenými a zavřenými očima použili pro hodnocení posturální rovnováhy u 5-18letých dětí Wolf et al. (1998). Jejich zjištění ukázala, že data z měření COP mohou být použita pro určení rozdílů v rovnováze ve stoji u dětí a adolescentů, neboť se hodnoty COP snižují od nejmladších dětí k nejstarším. Všechny subjekty testované v této studii vykazaly lepší stabilitu s otevřenými očima. Pokles rychlosti COP mezi skupinou nejmladších (5-6 let) a nejstarších (15-18 let) ve stoji s očima otevřenými byl v průměru 33%. Dále autoři zjistili, že hodnoty amplitudy pro směr antero-posterior ve stoji s očima otevřenými byly nejvíce stabilní u všech měření, tedy od nejmladších dětí k nejstarším, a klesaly jen o 5%, zatímco hodnoty amplitudy COP ve směru medio-laterálním vykazují od nejmladších osob k nejstarším pokles 25%. Výsledky studie

naznačují, že měření COP může být použito k posouzení rozdílů v rovnováze ve stoji u dětí a adolescentů různého věku.

Shintaku et al. (2005) se zabývali vlivem zdatnosti na posturální výkyvy ve stoji u malých dětí (4-6 let). Jako ukazatel posturálních výkyvů použili celkovou dráhu COG. V longitudinální studii tento vztah neprokázali, byl zde však doložen fakt, že délka dráhy COG závisí na věku a BMI dětí. Ve studii byl prokázán signifikantní pokles posturálních výkyvů mezi 4. a 5. rokem u chlapců i dívek, ale mezi 5. a 6. rokem již pokles nebyl signifikantní. Při porovnání výsledků ve vybraných motorických testech byl jediným testem, který koreloval s délkou dráhy COG, test frekvenční skoky do strany, a to pouze u šestiletých dětí. Neprokázal se vztah poklesu celkové dráhy COG a výšky, váhy nebo zdatnosti dětí.

Vztahem schopnosti posturální kontroly a věku se zabýval Hytönen et al. (1993). Zjistil pokles rychlosti COP měřené ve stoji s očima otevřenými mezi věkovou skupinou 6-15 let a 16-30 let. Ve starším věku (46-60 let) zjistil naopak nárůst rychlosti.

Statickou rovnováhu u 6, 8 a 10 let starých dětí zkoumali Figura et al. (1991). Jako ukazatele schopnosti kontrolovat statickou rovnováhu ve stoji s nohama těsně u sebe (Romberg test), ve stoji na dominantní noze a ve stoji s nohama za sebou použili průměrný radius posturogramu a průměrnou rychlost COP. U obou parametrů byl pozorován pokles s věkem u chlapců i dívek. Prokázal se nárůst obou zjištěných parametrů s obtížností úkolu (nejnižší u Rombergova testu a nejvyšší u stoje jednož). Prokázala se statistická významnost poklesu parametrů COP s věkem mezi 6 a 10 lety a také mezi 6 a 8 lety. Signifikantní však nebyly rozdíly mezi 8 a 10 lety. Po 10. roce byl zjištěn další signifikantní pokles, neboť byly zjištěny významné rozdíly s referenční skupinou dospělých. Ve studii se prokázal jasnější vztah posturální schopnosti k věku než k pohlaví. Výsledky ukazují na pokles hodnot průměrného radiu posturogramu i průměrné rychlosti s věkem. Větší pokles s věkem vykázal průměrný radius. Průměrná rychlost prokázala věkové rozdíly jen u více obtížných poloh. Data ukazují na nelineární vztah mezi věkem a schopností rovnováhy – rychlejší zdokonalení se objevilo mezi 6. a 8. rokem než mezi 8. a 10. rokem věku. Studie ukázala velké rozdíly mezi jedinci, a to může upozorňovat na to, že věk nebude hlavním ovlivňujícím faktorem.

Longitudinální studii, která dokládá nelineární vývoj posturální kontroly u malých dětí, publikovali Kirschenbaum et al. (2001). Jako ukazatel posturální kontroly byla použita

průměrná rychlost COP a SD rychlosti COP a výkyvy (excursion) ve směru antero-posterior ve stoji. Jmenované parametry byly hodnoceny při longitudinálním měření zahrnující 8 měření v průběhu čtyř let (mezi 5. a 10. rokem). Rychlost COP vykázala stupňovité změny a ukázal se signifikantní vliv věkových kategorií na změny rychlosti COP. Autoři poukazují na jednotný vzor změn rychlosti COP s věkem, který je u jednotlivých jedinců posunut. Průběh změn je charakterizovaný poklesem rychlosti průměrně do věku 6,1 let, potom do 6,7 let nárůst a od tohoto věku plynulý pokles rychlosti COP. Vývoj průměrných výkyvů COP ve směru antero-posterior je charakteristický poklesem po celou dobu sledování. Autoři dávají vývoj rychlosti COP do souvislosti s používanými strategiemi udržování rovnováhy. Malé děti používají balistické strategie a postupně přecházejí k tzv. duálnímu způsobu kontroly, toto přechodné období od strategie založené na rychlosti ke strategii založené na přesnosti se objevuje kolem 6 let a může být vysvětlením pro dočasné zvýšení rychlosti COP v tomto věku.

Rychlost COP a výkyvy COP ve stoji s otevřenými a zavřenými očima v antero-posteriorním a medio-laterálním směru (počítané jako standardní odchylka) byly použity ve studii Riach, Starkes (1994). Zjistili vyšší rychlost ve stoji s očima zavřenými než otevřenými a signifikantní vliv věku na rychlost COP. Skupiny 4, 5 a 7 let měly vyšší rychlosti než 8, 9, 11, 12 a 13 let. Výsledky upozorňují na signifikantní pokles rychlosti COP mezi sedmým a osmým rokem věku, který není doprovázen růstovými změnami (růstovým spurtem) a je zřejmě důsledkem jiných vývojových změn. Výsledky dokládají pokles amplitudy výkyvů COP s věkem a vztah amplitudy COP a rychlosti COP.

Analýzu posturografického měření ve stoji s otevřenými očima u 91 normálních dětí ve věku od 6 do 13 let provedli Peeters et al. (1984) za účelem kvantifikace vlivu věku, hmotnosti a výšky na parametry COP. Mezi těmito parametry byly i odchylky od průměrné pozice COP ve směrech antero-posteriorním a medio-laterálním a rychlost COP. Tyto parametry klesaly s věkem. U chlapců do 10 let byla nalezena menší posturální stabilita než u dívek stejné věkové skupiny. U chlapců nad 10 let se naopak zdála stabilita lepší než u dívek. Závislost výšky a hmotnosti na parametrech stability měla stejný původ jako ta na věku. Autoři uvádějí, že hmotnost ani výška neměla přímý vliv na parametry stability. U chlapců i dívek stabilita s věkem stoupala.

Věkové rozdíly a rozdíly mezi chlapci a děvčaty sledovali Nolan et al. (2005). Ve stoji s otevřenými a zavřenými očima sledovali pohyb COP ve směru antero-posterior a medio-lateral u tří skupin dětí: 9 let, 12 let a 15 let. Sledovanými parametry byly rychlost COP a celková délka dráhy COP. Chlapci vykázali větší rychlost i dráhu pohybu COP než dívky ve věku 9-10 let. S věkem se snižovala velikost výkyvů u chlapců, to znamená, že některé aspekty posturální kontroly se u nich stále vyvíjejí. U dívek se ukázalo jen málo věkových změn. Autoři uvádějí, že věkové rozdíly a rozdíly mezi chlapci a děvčaty nemohou být vysvětleny pouze změnami vzrůstu. Ve stoji s očima otevřenými ve věku 9 a 10 let nebyly pozorovány rozdíly mezi chlapci a děvčaty v pohybu COP ve směru antero-posterior, ale ve stoji s očima zavřenými měli chlapci této věkové skupiny vyšší rychlost a délku dráhy COP ve směru antero-posterior. Mediolaterální výkyvy měly u chlapců ve věku 9 a 10 let větší dráhu i rychlost než u dívek v obou stojích (s očima otevřenými i zavřenými).

Souhrn informací o vývoji posturální kontroly a stability v dětství poskytl Vařeka (2002b). K vývoji u dětí uvádí, že od 4. do 15. roku se zmenšuje rychlost změn COP, přičemž největší pokles je mezi 6 a 9 roky. Ve věku osmi let byly zjištěny nejmenší rozdíly v rychlosti přesunu COP. S odkazem na jiné autory uvádí, že je zřejmá zásadní změna v řízení a mechanismu udržení posturální stability mezi 6. a 8. rokem věku. Interindividuální variabilita je značná. Jako příčiny Vařeka (2002b) označuje: měnící se antropometrické parametry, dozrávání integrace senzoričkových vstupů, dozrávání mozečkových funkcí.

Vývojové změny statické rovnováhy ve stoji zkoumali Rival et al. (2005). Jejich výsledky u dětí ve věku 6, 8 a 10 let ukazují na pokles rozsahu amplitudy COP a rychlosti COP s věkem. Mladší děti dle výsledku této studie používají primárně vysokou rychlost, která je vede provádět větší a silnější korekce COP. Okolo osmi let věku se objevuje kritické období, které se ve studii projevilo nárůstem amplitudy u osmiletých, což ukázalo na problémy minimalizovat výkyvy COP. Rychlost COP však u této věkové skupiny klesala a její pokles mezi sledovanými věkovými skupinami byl lineární.

Jak vyplývá z předešlého přehledu prací, mezi nejběžněji používané parametry COP pro hodnocení posturální stability patří amplituda výkyvů COP ve směru antero-posteriorním a medio-laterálním, směrodatná odchylka těchto výkyvů a rychlost výkyvů COP a její směrodatná odchylka. Jak dokládá předložený výčet prací, v období dětství je až na výjimky charakteristický pokles těchto parametrů, což bývá dáváno do souvislosti se zlepšováním

posturální stability v dětství (Figura et al., 1991, Hytönen et al., 1993, Wolf et al., 1998, Kirschenbaum et al., 2001, Nolan et al., 2005, Rival et al., 2005).

2.4.2 Kvalita měření COP

Ve všech případech, kdy získáváme data měřením, narážíme na skutečnost, že měřená proměnná odráží jednak vliv vlastního měření dané veličiny, ale také vlivy jiných proměnných a náhodné chyby (Hendl, 2004). Dalším druhem chyby, který může výsledek ovlivnit je chyba biologická, která zahrnuje odchylky v měření dané biologickou proměnlivostí a nestálostí vlastností testovaných osob (Měkota, Blahuš, 1983).

Kromě veličin, které jsme chtěli v naší studii zjišťovat, je zřejmé, že se do našeho měření mohly promítnout i veličiny, které nás nezajímají, jako například kognitivní procesy (motivace, pozornost), emoce (nervozita z testování, strach). Náhodná chyba mohla vzniknout např. v důsledku intraindividuální variability, chyby přístroje, vyrušením apod.

Objektivita měření znamená stupeň toho, jak jsou výsledky nezávislé na výzkumníkovi nebo měřeném jedinci (Hendl, 2004). Při měření fyzikálních veličin v laboratoři se otázka objektivity objevuje zřídka. U testování osob je třeba brát v úvahu intraindividuální variabilitu jedince. O poměrně velké intraindividuální variabilitě hovoří Samson, Crowe (1996), kteří upozorňují na nutnost obezřetnosti při zařazení do skupin na základě individuálních hodnot výkyvů těla.

Spolehlivost znamená stupeň konzistence výsledků měření provedeného u jedné osoby za stejných podmínek (Hendl, 2004). Pinsault, Vuillerme (2009) uvádějí, že při měření COP pro hodnocení posturální stability mohou kriticky ovlivnit reliabilitu: instrukce podávané subjektu, délka trvání měření a počet pokusů.

Problematikou vhodných instrukcí se zabývali Zok et al. (2008), kteří dokázali vyšší konzistenci výsledků u osob, které byly vyzvány stát „tak klidně, jak je to jen možné“ oproti osobám, které měly instrukci „provést klidný stoj“.

Počtem pokusů pro dosažení optimální reliability ve stoji se zavřenými očima se zabývali Pinsault, Vuillerme (2009), kteří testovali mladé dospělé osoby. Při opakovaném měření test-retest dokázali, že vnitrotřídní koeficient korelace obecně roste s počtem pokusů, ale pro dosažení výborné reliability jsou postačující 3 pokusy. V literatuře se objevily i názory, že jeden pokus pro sběr dat COP je dostačující a může poskytnout reliabilní měření (Le Clair, Riach, 1996). Tarantola et al. (1997) doporučuje jen jeden pokus u jednoduchých úloh jako je klidný stoj kvůli zamezení učebního efektu. Při jednom pokusu ve studii Pinsalda a Vuillerma (2009) byl vnitrotřídní korelační koeficient u odchyly v antero-posteriorním směru 0,3, u odchyly v medio-laterálním směru 0,27 a u průměrné rychlosti 0,82. Při třech pokusech u AP odchyly 0,82, u ML odchyly 0,85 a u průměrné rychlosti 0,84. Obdobné výsledky při jednom pokusu a délce měření 30 s předkládá Doyle et al. (2007). U SD_{AP} byl ve stoji s očima otevřenými koeficient reliability 0,3 a u SD_{ML} 0,32, rychlost COP měla koeficient reliability podstatně vyšší (0,64). Ve stoji se zavřenými očima byly všechny koeficienty při jednom pokusu o délce 30 s vyšší: SD_{AP} $r = 0,41$, SD_{ML} $r = 0,42$, rychlost $r = 0,65$.

Jako minimální délka trvání byla více autory (Samson, Crowe, 1996, Le Clair, Riach, 1996, Carpenter et al., 2000) označena doba 30 s. Se zvyšující dobou testu se zvyšuje pohyb COP v medio-laterálním a antero-posteriorním směru a naopak klesá hodnota rychlosti změny polohy COP (Kozáková et al., 2008). Některé výzkumy použily i kratší dobu trvání testu, např. Goldie et al. (1989), ale reliability počítaných parametrů COP byla nízká.

Standardizací měření na stabilometrické plošině se zabývali Kapteyn et al. (1983), kteří definují standardní testové podmínky.

2.5 Charakteristika období mladšího školního věku

Období mladšího školního věku je zahájeno vstupem jedince do školy a zahájením školní docházky. Věkově je ohraničeno 6. až 11. rokem věku dítěte. Prakticky odpovídá době, kdy je dítě žákem 1. stupně základní školy. Někteří autoři dále člení období na přechodnou fázi mezi předškolním věkem a prepubescencí (6-8 let) a vlastní prepubescenci (8-11 let) (Příhoda, 1963). Jde o období intenzivních biopsychosociálních změn (Rychtecký, Fialová, 2004). Biologicky lze počátek období ohraničit dokončením první proměny postavy, kdy dochází k vyrovnání proporcionality mezi trupem a končetinami, a závěr zahájením pohlavního dospívání (Kodým et al., 1985, Suchomel, 2002). Vymezení období mladšího školního věku školní docházkou na 1. stupni ZŠ není zcela přesné a nemusí se plně shodovat s biologickým vymezením, přesto je běžně používáno v odborné literatuře.

2.5.1 Faktory ovlivňující motoriku dětí mladšího školního věku

Mezi významnější faktory ovlivňující motorické projevy dětí mladšího školního věku patří tělesný vývoj, senzitivní období jednotlivých pohybových schopností a změna pohybového režimu související se začátkem školní docházky. Mladší školní věk je období, v kterém je rostoucí a vyvíjející se organismus plastický, a z tohoto důvodu může být snadno ovlivněn nepříznivými vnějšími faktory (Bartošík, Chudá, 2000).

Období je označováno jako příznivé pro motorický vývoj, neboť je charakterizováno vyrovnaností mezi biologickou a psychickou složkou vývoje, a to představuje ideální předpoklady pro motorické učení. Pohybový projev v mladším školním věku se postupně harmonizuje a stabilizuje, fixuje se časově prostorová složka pohybu (Turek, 1999). Nervový systém je připraven na složité koordinačně náročné pohyby, postupná diferenciací mozkové kůry, jejích vrstev a buněk dosahuje takového stupně, kdy jsou vytvořené funkční předpoklady pro činnost druhé signální soustavy. Z doposud vytvořeného pohybového základu podmíněného značnou senzibilitou a stoupající motorickou učenlivostí se během období mladšího školního věku formuje komplex bohatě diferencované motoriky (Turek, 1999). Toto vývojové stádium je označováno jako příznivé pro osvojování nových pohybových dovedností. Měkota et al. (1988) hovoří o stádiu „zvýšené motorické vnímavosti“, Kasa (2000a) hovoří dokonce o „zlatém věku motorického učení“. Stejně jako

pro předcházející období předškolního věku je i pro mladší školní věk typický strmý vývojový vzestup úrovně pohybové koordinace, který pokračuje až do nástupu pubertálních změn. Konec období mladšího školního věku je označován jako první vrchol motorického, zejména koordinačního vývoje (Měkota, Novosad, 2005).

Prudký rozvoj úrovně pohybové koordinace je následován rozvojem kondičních schopností. Můžeme to vysvětlit tím, že zrání nervové soustavy a vývoj analyzátorů výrazně předbíhá ostatní růstové a diferenciační procesy (Měkota, Novosad, 2005). Tělesný výkon v období mladšího školního věku je v největší míře ovlivněn růstem a zráním organismu (Malina et al., 2004). Jelikož jsou souvislosti mezi růstem těla, zráním organismu a chronologickým věkem velmi proměnlivé (Dobry, 2002), objevují se v tomto období velké interindividuální rozdíly mezi jedinci téhož věku. Suchomel (2002) uvádí, že velká variabilita v individuálních motorických projevech, kdy se řada jedinců výrazně odlišuje od běžné populace, je výsledkem působení faktorů vycházejících z biogenetického základu jedince a faktorů vycházejících z podmínek vnějšího prostředí. Hovoříme o vnitřních a vnějších faktorech.

Mezi biogenetické činitele ovlivňující motoriku patří biologická zralost a dědičnost. Výzkumy ukázaly, že tyto činitele ovlivňují v největší míře výsledky dětí školního věku v kondičních testech (Suchomel, 2002). Biogenetické faktory ovlivňují motorickou výkonnost dětí více než úroveň jejich pohybové aktivity. Genetická podmíněnost motorické výkonnosti u dětí mladšího školního věku je velká. Dědičnost ovlivňuje individuální rozdíly v motorických předpokladech dětí. Většina pohybových projevů člověka se dědí díky tzv. polygennímu typu dědičnosti, kdy se uplatňuje větší množství genů, které mají samy o sobě malou působnost. Dochází k sumaci efektů jednotlivých genů a výsledkem je velká různorodost znaků v potomstvu (Měkota, Novosad, 2005).

Genetické předpoklady jsou významným činitelem ovlivňujícím tělesnou zdatnost a motorickou výkonnost. Jelikož práce zabývající se touto problematikou vykazují značnou variabilitu použité metodiky, sledovaných souborů a rozdílných výpočetních vzorců, je náročné přesně popsat přispění dědičnosti k jednotlivým složkám motorické výkonnosti. Slovně shrnuje míru závislosti jednotlivých složek výkonnosti na dědičnosti, tzv. heriabilitu Měkota, Novosad (2005). Do skupiny pohybových schopností ovlivněných silně řadí: anaerobní vytrvalost, explozivní sílu, reakční schopnost, pohyblivost. Silně až středně je

ovlivněna aerobní vytrvalost, silová vytrvalost, akční rychlost. Na střední úrovni je ovlivněna rovnováhová schopnost, prostorová orientace a maximální síla (podle Sergienka, 1999 je ovlivnění malé). Nízké ovlivnění pak autoři přisuzují lokální svalové vytrvalosti a diferenciací schopnosti. Ze somatických parametrů je silně ovlivněna tělesná výška a délkové rozměry těla a středně hmotnost a obvodové rozměry těla. Z hlediska somatotypu jsou geneticky nejsilněji determinovány komponenty mezomorfní a ektomorfní.

Působení vnějších faktorů zahrnuje u dětí mladšího školního věku spolupůsobení prostředí rodinného a školního. Dva hlavní činitele jsou pohybová aktivita (její kvalita a množství) a vnější prostředí. Důležitá je citlivost jedince na podněty vnějšího prostředí, tzv. ekosenzitivita. V rámci působení vnějšího prostředí se může projevit mnoho různých činitelů: biogeografických, společensko-ekonomických a činitelů vycházejících ze způsobu života jedince (Měkota, Novosad, 2005). Působnost a účinek uvedených činitelů závisí na síle a trvání podnětu, na ekosenzitivitě jedince a rezistenci, tj. odolnosti vůči vlivům vnějšího prostředí. Haywoodová a Getchelová (2009) vymezují v motorickém vývoji následující vlivy prostředí: socio-kulturní, společenské a psychosociální.

Vnější faktory jsou v interakci s výchovou jedince, jejíž součástí je i pohybová výchova (Suchomel, 2002). Čelikovský (1990) uvádí, že většina pohybových projevů a sportovních dovedností může být kladně ovlivněna záměrným působením, tedy pohybovou výchovou, tréninkem a cvičením. Individuální genotypicky determinované předpoklady však překračovat nelze. Na základě provedených výzkumů týkajících se vzájemného působení dědičnosti a vnějšího prostředí lze předpokládat (Čelikovský, 1990, Kasa, 2000b):

- silnější genetické působení v raném období vývoje a ve stáří
- výraznější vliv dědičnosti u jedinců na okrajích výkonnostního spektra
- silnější vliv dědičnosti u fylogeneticky starších a elementárních funkčních vlastností
- slabší vliv genetiky u vlastností vytvářených působením výchovy (řeč, motorické dovednosti, návyky, vědomosti apod.)

Dále k této problematice Suchomel (2002) uvádí, že čím bližší je pohyb člověka k základním funkcím lidského organismu, tím více je tento pohyb determinován geneticky. Naopak při větším podílu komplexních pohybových schopností a psychiky v pohybové činnosti je větší možnost ovlivnění vhodným pohybovým tréninkem.

Vliv dědičnosti v oblasti motoriky je rozdílný v odlišných fázích ontogeneze, neboť úroveň a rychlost vývoje motorických znaků je částečně řízena geneticky a mění se s věkem (Měkota, Novosad, 2005).

2.5.2 Senzitivní období

V průběhu ontogenetického vývoje se střídají periody s vysokou dynamikou vývojových změn s obdobími s nízkou dynamikou vývojových změn nebo obdobími stagnace (Kohoutek et al., 2005). V obdobích vývoje, která jsou charakteristická velkou dynamikou změn určitého předpokladu (schopnosti), je velká pravděpodobnost, že bude lidský organismus citlivější na vnější vlivy a bude na ně určitým způsobem reagovat. Jak uvádí Hirtz (1985), praxe potvrdila existenci této zvýšené citlivosti v určitých obdobích lidského vývoje a tato období můžeme nazvat jako citlivá neboli senzitivní období. Některými autory jsou označovaná též jako senzibilní (Měkota, Novosad, 2005). Tato období jsou považována za období vhodná pro rozvíjení jednotlivých pohybových schopností. Jde o období vývoje, v němž organismus reaguje na určité vnější vlivy specificky a intenzivněji než v jiných obdobích a v důsledku toho na ně odpovídá výraznějšími vývojovými změnami (Havel, Hnízdil et al, 2010). V senzitivních obdobích jsou tedy relativně nejprůhodnější podmínky pro osvojování a rozvíjení určitého typu motorických předpokladů. Výsledný efekt senzitivní fáze závisí na individuálních předpokladech jedince, dosažení odpovídajícího stupně vývoje a specifčnosti vnějších podmínek (časové podmínky, druh podnětů, intenzita apod.) (Suchomel, 2002).

Existence senzitivních období je některými autory zpochybňována, nejčastěji na základě rozporuplnosti empirických poznatků zabývajících se problematikou vymezení těchto etap. K tomuto problému uvádějí Kohoutek et al. (2005), že pro přijetí koncepce senzitivních fází hovoří některé experimenty, které ve školní praxi potvrdily vyšší efektivitu didaktických podnětů spíše v mladším školním věku.

V literatuře jsou popisovány v zásadě dvě etapy se zvýšenou citlivostí. První je situována do období prepubescence, druhá spadá do postpubescence (Kohoutek et al., 2005). První prepubescentní etapa má zásadní význam pro budování základu široké koordinační disponibility v budoucím občanském i sportovním životě, využití druhé etapy rozhoduje o

osobním rozvojovém maximu. Skutečnost, že do období prepubescence, tedy mladšího školního věku, spadají senzitivní období koordinačních schopností, potvrzují: Belej (1999), Bursová, Rubáš (2001), Čelíkovský (1988), Hirtz (1985), Havel, Hnízdil et al. (2010), Kohoutek et al. (2005), Měkota, Novosad (2005), Šimonek (1998).

Na základě studia literatury sestavil Belej (2001) model senzitivních období jednotlivých pohybových schopností. Od věku sedmi let začínají senzitivní fáze pro frekvenční rychlostní schopnost (7-15 let), koordinační schopnosti (7-15 let) a relativní silovou schopnost (7-14 let). Od osmi let věku dítěte začíná senzitivní období rytmické koordinační schopnosti (8-11 let), v devíti letech se přidávají všeobecná rychlostní schopnost (9-14 let), rychlost jednorázového pohybu (9-14 let), reakční rychlost (9-14 let), rovnováhová schopnost (9-12 let) a flexibilita (9-14 let). Od desíti let pak začínají senzitivní fáze u koordinačních schopností orientační (10-16 let) a diferenciací (10-15 let) a silové explozivní (10-15 let). Od jedenácti let nastupuje senzitivní období rozvoje statické síly (11-16 let). V pozdějším věku (po 12. až 13. roce) nastupují senzitivní fáze pro rozvoj maximální síly a vytrvalostních schopností.

Kohoutek et al. (2005) na základě analýzy poznatků různých autorů uvádějí, že senzitivní období rovnováhové schopnosti je datováno u chlapců 7-11 let a u dívek do 7-10 let. Syntéza poznatků různých autorů není jednoduchá, neboť často pojmají autoři diagnostiku jednotlivých koordinačních schopností odlišně. Jednotlivé studie se liší použitými testy, věkovým rozsahem i počtem zkoumaných osob. Většina šetření byla provedena průřezově. Přesto je alespoň z části možné vysledovat určité trendy. Za období nejintenzivnějšího rozvoje základních koordinačních schopností lze označit věk 7-11 let (eventuelně u chlapců 12 kvůli možnému pozdějšímu nástupu puberty). Po tomto období se tempo přírůstků a také citlivost na didaktické podněty snižuje. Hirtz (1985) uvádí, že do 12-13 let je dosaženo nadpoloviční většiny rozvojových přírůstků koordinačních schopností a plného rozvoje je dosaženo mezi 14,5 až 17 roky. Souhrnně lze konstatovat, že prudký nárůst koordinačních předpokladů a rozvoj úrovně pohybové koordinace mezi 7.-11. rokem je následován rozvojem kondičních schopností (Měkota, Novosad, 2005).

Rozvoj koordinačních předpokladů v období prepubescence je také důsledkem dozrávání centrálního nervového systému, což se projevuje vyvážeností mimovolních projevů řízených převážně z mozkového kmene a volných pohybů řízených centrálně. V důsledku zdokonalování mechanismů řízení a souvislých přírůstků svalové síly je organismus schopen

vykonávat pohyby rychleji a přesněji, pohyby se stávají účelnější a úspornější (Haywood, Getchell, 2009).

2.5.3 Růst a složení těla dětí mladšího školního věku

Po druhém roce života dítěte mírně klesá rychlost růstu. Dítě roste po celé dětství v průměru nejméně o 5 cm za rok (Lébl, Krásničarová, 1996). Průběh růstových změn naznačuje, že změny ve výšce dětí jsou rovnoměrné a neobjevují se signifikantní rozdíly mezi chlapci a děvčaty (Rychtecký, Fialová, 2004). Růstovou křivku popisují podrobně Lébl a Krásničarová (1996). Růstová křivka mezi 2.- 11. rokem života je téměř lineární a neliší se významně mezi chlapci a děvčaty. Během dětství se objevují přibližně po dvou letech období mírně urychleného růstu, tzv. růstové spury . V pátém roce života nastává tzv. předškolní růstový spurt, následující růstový spurt je patrný v 7.-8. roce, nazývá se dětský růstový spurt. V 9.-10. roce následuje tzv. pozdní dětský spurt a později pubertální růstový spurt. Nástup a průběh růstových spurtů u jednotlivých dětí je značně individuální, proto je výsledná růstová křivka po celé dětství téměř lineární. Rychlost růstu dosáhne minima před nástupem puberty.

Patrné jsou i váhové přírůstky, které odrážejí výškové změny. Průběh změn hmotnosti se dá popsat jako rovnoměrný. Nárůst hmotnosti je oproti výšce rychlejší (Rychtecký, Fialová, 2004). Průměrně získá dítě každý rok na váze 3 kg (Kodým et al., 1985). Velké přírůstky váhy jsou způsobeny růstem svaloviny. Po celé období mladšího školního věku je vývoj tělesné výšky a hmotnosti přibližně stejný u dívek i u chlapců , chlapci přerůstají dívky až ve 12 letech (Kopecký, 2006).

Udržení zdravé tělesné hmotnosti a úrovně tělesného tuku je klíčové pro kvalitní zdravý a dlouhý život (Heyward, Wagner, 2004). Složení těla je jedním ze strukturálních faktorů ovlivňujících zdravotně orientovanou zdatnost, která je ve světové literatuře stále častěji zmiňována a definována jako zdatnost ovlivňující zdravotní stav a působící preventivně na zdravotní problémy související s nečinností (Bunc, 1998). Aktuální tělesné složení je výsledkem působení vnitřních činitelů, s nimiž souvisí přirozený růst a vývoj organismu v závislosti na genetických dispozicích, a faktorů vnějších souvisejících s životním stylem, výživou, úrovní pohybové aktivity, mentálními stresy apod. (Pařízková, 1998). Hodnocení tělesného složení u dětí může být použito k monitorování změn růstu a zrání a ke klasifikaci

stupně tloušťky (Kinkorová, 2004). Vývoj a distribuce jednotlivých komponent, které se podílejí na tělesném složení, se v průběhu ontogeneze mění (Kinkorová, 2004), je možné pozorovat významné změny v zastoupení tukuprosté hmoty, tuku a celkové tělesné vody (Malina et al., 2004, Rowland, 1996).

Během prvního roku života narůstá množství tělesného tuku. Následně se snižuje až do věku 6 let. Po šestém roce opět začíná stoupat až do nástupu puberty (Haywood, Getchel, 2009, Kinkorová, 2004). Poněkud odlišné výsledky publikovali Bunc et al. (2004), kteří na základě měření metodou BIA u 6-14letých dětí zjistili pokles tělesného tuku u obou pohlaví až do věku 12 let. V období puberty a následujících obdobích se autoři shodují na progresivním růstu tukové hmoty u dívek, zatímco u chlapců uvádějí nepatrný nárůst na konci prepubertálního období a poté pozvolný pokles nebo stagnaci (Bunc et al., 2001). Od středního dětství je tuková hmota u žen větší než u mužů. V poslední době se objevuje tendence k nárůstu tělesného tuku v období puberty u chlapců, příčinou je zřejmě nedostatek pohybového zatížení a nevhodné stravovací návyky (Bunc et al., 2004).

Tukuprostá hmota roste během dětství podobně u chlapců a u dívek až do puberty (Bunc et al., 2004). Poté dochází u chlapců k nárůstu FFM v důsledku intenzivního růstu svalové hmoty, zatímco u dívek roste FFM jen zvolna (Bunc et al., 2004). Mění se i složení tukuprosté hmoty. Od narození do 22 let roste hustota tukuprosté složky těla (FFB- Fat-Free Body Composition). Tyto změny v hustotě jsou určeny růstem a zráním, při kterém se mění vodní, minerální a proteinové složky FFB (Heyward, Wagner, 2004). Z výzkumů vyplývá, že hustota FFB prepubertálních dětí je signifikantně nižší než u pubertálních. Ve věku 8 – 12 let se signifikantně nelišila hustota FFB u dívek a chlapců. S věkem dětí klesá hydratace FFB, zatímco narůstá minerální složka, a to se projevuje v nárůstu hustoty FFB. Hydratace FFB klesá ze 79% v 1 roce k 74% ve 20 letech (Heyward, Wagner, 2004).

2.5.4 Motorická výkonnost a pohybová aktivita dětí mladšího školního věku

První polovina období je označována přechodnou periodou ve vývoji motorické výkonnosti. Základní dovednosti dosahují „zralé“ formy, ale mezi jedinci se objevují značné interindividuální rozdíly. Problematické je v této první periodě testování. Provádění

motorických testů, i když obsahují základní motorické dovednosti, musí být s dětmi vyzkoušeno a naučeno (Malina et al., 2004). Asi od osmi let jsou pohybové projevy dětí natolik stabilizované, že na základě výsledků dosažených v motorických testech můžeme usuzovat na úroveň motorických schopností (Turek, 1999).

Podle Maliny et al. (2004) děti od 6 do 14 let vykazují významný nárůst ve výkonu v rychlosti běhu a člunkovém běhu, v jiných je zlepšení pozvolnější: skok, hod, síla. Průměrný výkon v různých testech síly a rychlosti (sprint, skok do dálky z místa, vertikální výskok, člunkový běh, výdrž ve shybu a další) se u dětí od 6 do 11 let zlepšuje více méně lineárně (Měkota, Kovář et al., 1996, Moravec et al., 1996). Patrné jsou rozdíly mezi chlapci a děvčaty, nejvíce u testů síly horních končetin (Rychtecký, Fialová, 2004). Po dvanáctém roce se začínají zvětšovat rozdíly mezi chlapci a děvčaty. U dívek následuje mírnější nárůst nebo „plató“, u chlapců pokračuje nárůst výkonnosti, který je někdy v důsledku adolescentního růstového spurtu prudký. Malina et al. (2004) uvádějí, že rozdíly ve výkonu chlapců a dívek až do nástupu adolescence nejsou výrazné a průměrná výkonnost dívek spadá do hranic vymezených jednou standardní odchylkou od průměrného výkonu chlapců. Stejné trendy ve vývoji výkonů v běhu a skoku do dálky z místa popisuje Haywoodová a Getchellová (2009) s výjimkou výkonů v hodů a v testech pohyblivosti. Pouze málo dívek se blíží výkonům chlapců v hodů. V pohyblivosti naopak dosahují dívky lepších výkonů.

Je zřejmé, že změny ve velikosti, stavbě a složení těla, které souvisejí s růstem a zráním dětského organismu, jsou důležitými faktory ovlivňujícími motorickou výkonnost. Kopecký (2005) potvrzuje pozitivní vliv tělesné výšky na výkonnost v testu běh na 50 metrů a skok do dálky. Vztah tělesné výšky k silovým a vytrvalostním parametrům v této studii nebyl prokázán. Tělesná hmotnost ovlivnila ve většině motorických testů výkonnost negativně, což bylo nejvýraznější u testů síly horních končetin.

Malina et al. (2004) uvádějí, že věk pozitivně ovlivňuje motorickou výkonnost i v případě, že je statisticky kontrolován vliv tělesné výšky a hmotnosti. To naznačuje důležitost neuromuskulárního zrání a zkušenosti. Tělesná hmotnost má po vyloučení vlivu výšky a věku negativní vliv na výkon, obzvláště v úlohách vyžadujících lokomoci. Tělesná výška má jednoznačně pozitivní vliv na motorický výkon. Tyto údaje platí pro dívky i pro chlapce stejně.

Jednou z determinant tělesné výkonnosti je tělesné složení. Množství tělesného tuku ovlivňuje negativně výkonnost dětí, neboť z mechanického hlediska představuje nadbytečný tuk bezvládné břemeno, které musí jedinec při pohybu přemísťovat. Korelace mezi množstvím tělesného tuku měřeného tloušťkou kožních řas nebo určeného jako procento tělesného tuku a motorickou výkonností jsou souvisle negativní (Malina et al., 2004), lehce až mírně v průběhu dětství, adolescence i mladší dospělosti. Negativní vztah je zřejmý zejména v situacích vyžadující přemísťování hmoty těla, jako např. při skoku, sprintu a úlohách, při kterých se tělo zvedá nebo udržuje v určité výšce nad podložkou (shyb, výdrž ve shybu). Na druhou stranu tloušťka kožních řas nemusí negativně ovlivňovat úlohy, které nevyžadují přemísťování těla (hod, balancování tyče, tapping, dosah v sedu). Známa je všeobecně pozitivní korelace mezi měřením tloušťky kožních řas a měřením statické síly, což je důsledkem toho, že silnější děti mají větší rozměry těla (Malina et al., 2004). Kopecký (2005) uvádí, že endomorfní komponenta se ve většině případů chová jako brzdící faktor, který negativně ovlivňuje úroveň pohybových schopností. Ve studii Kopeckého nebyl prokázán negativní vztah pouze u testu hod těžkým míčem obouruč.

Příliš mnoho tuku působí většinou negativně na pohybové úlohy, obzvláště na ty, které mají kondiční charakter (Rowland, 1996). Negativní vliv množství podkožního tuku na motorickou výkonnost dětí školního věku potvrzují i čeští a slovenští autoři: Bunc, 2009, Chytráčková, Kovář, 1994, Brtková et al., 1995, Moravec et al., 1996, Suchomel, 2002. Okely et al. (2004) uvádějí, že děti s nadváhou mají nižší pravděpodobnost, že dosáhnou vysoké úrovně základních pohybových dovedností (běh, skok, hod, kopání apod.), a naopak vyšší pravděpodobnost, že dosáhnou nízké úrovně. Děti bez nadváhy měly 3x větší pravděpodobnost být lepší v lokomotorických dovednostech než děti s nadváhou.

Pohybová aktivita člověka je definována jako tělesný pohyb zprostředkovaný kosterním svalstvem, jehož výsledkem je energetický výdej (Bouten et al., 1994, Montoye et al., 1996). Je známou skutečností, že nesoulad mezi energetickým výdejem a příjmem je problémem současné civilizace a příčinou řady civilizačních chorob.

Pohybová aktivita je důležitým faktorem ovlivňujícím vývoj lidského jedince, působí v průběhu celé ontogeneze a je nevyhnutelná pro správný vývoj jedince. Pohyb je pro děti navíc důležitou potřebou, kterou se snaží spontánně naplnit (Dvořáková, 2001, Dvořáková, 2007). Svou nezastupitelnou úlohu v rozvoji jedince plní pohybová aktivita tím, že

determinuje nejen tělesný a funkční vývoj, ale i vývoj psychický a sociální. Bez této adekvátní stimulace nemůže být růst a vývoj optimální (Bursová, Langmajerová, 2006). Pohybová aktivita může být benefitem v oblasti zvýšení úrovně tělesné zdatnosti, pohybové výkonnosti a odolnosti organismu vůči nepříznivým faktorům zevního prostředí. Je dokázáno, že racionální pohybový režim kladně ovlivňuje rozvoj pohybových schopností a tělesných vlastností, rozšiřuje fond pohybových návyků, zvyšuje rezistenci a výkonnost organismu dětí (Havel, 1980).

Úroveň pohybové aktivity dětí závisí na činitelích biologických, psychologických, sociokulturních a ekologických, které určují objem i kvalitu pohybové aktivity jedince. Úroveň pohybové aktivity dětí je ovlivněna tím, že mají biologicky vrozenou potřebu pohybové aktivity. Tato biologicky daná potřeba pohybu se projevuje vysokou úrovní spontánní pohybové aktivity, při které získávají děti prostřednictvím pohybu důležité informace požadované centrálním nervovým systémem pro jeho stimulaci (Rowland, 1996). Spontánní pohybová aktivita dětí je navíc typická relativně vysokou intenzitou (Kučera, 1997).

Na pohybovou aktivitu je nahlíženo jako na faktor vnějšího prostředí, který příznivě ovlivňuje růst, zrání a výkonnost dětí (Malina et al., 2004). Pravidelná pohybová aktivita je často označována jako důležitá pro normální vývoj jedince. Hovoří se o důležitosti dostatečného množství pohybu pro děti mladšího školního věku (Dvořáková, 2007).

U dospělé populace byly prokázány obousměrné vztahy mezi pohybovou aktivitou a zdravím. Pohybová aktivita je nezbytná pro zdraví člověka, ale současně musí mít jedinec dostatečnou úroveň zdraví a tělesné zdatnosti, aby ji mohl vykonávat (Malina, 2001). Přesto, že prokázání podobných vztahů u dětí není tak jednoduché z důvodů jejich větší aktivity, a také proto, že chronická civilizační onemocnění potřebují pro svůj rozvoj dlouhou dobu, naznačují některé výzkumy tuto skutečnost i u dětí školního věku. Vhodný pohybový režim s adekvátním množstvím a kvalitou pohybové aktivity je nutný nejen pro zdravý a harmonický vývoj dětského organismu (Měkota et al., 1988, Rowland, 1996, Moravec et al., 1996), ale i pro vytvoření zájmu o pravidelnou pohybovou aktivitu a udržení tohoto zájmu do dospělosti. Pohybově aktivní dítě sice získá určitý prospěch z provádění pohybové činnosti, ale tento prospěch se ztratí, pokud se z něho nestane pohybově aktivní dospělý (Malina et al., 2004).

Podobně platí, že vyskytne-li se nadváha a obezita v dětském věku, je vysoká pravděpodobnost výskytu nadváhy nebo obezity v dospělosti (Bunc, 2009).

Vztahem pohybové aktivity a indikátory růstu, zrání a výkonnosti se zabývali Malina et al. (2004). Na základě analýzy údajů zjištěných ze studií porovnávacích skupiny aktivních a neaktivních jedinců, korelačních studií úrovně pohybové aktivity a podkožního tuku a experimentálních studií uvádí tyto skutečnosti:

- pravidelná pohybová aktivita nemá jasný vliv na změny v přírůstcích výšky u dětí, průměry u aktivních a neaktivních dětí vykazují jen malé rozdíly
- pravidelná pohybová aktivita může potenciačně ovlivňovat složky tělesné váhy, některá data naznačují, že pravidelná pohybová aktivita je ve vztahu s poklesem tloušťky a nárůstem tukuprosté hmoty (FFM), ačkoliv oddělit vliv tréninku na FFM od očekávaných přírůstků vlivem růstu a zrání je obtížné obzvláště v době adolescence
- tloušťka má tendenci klesat během období s pravidelnou pohybovou aktivitou a narůstat během „neaktivních“ období, vliv pravidelné pohybové aktivity na tloušťku je dobře doložen u studií obézních dětí
- intenzivní pohybová aktivita pravděpodobně podstatně ovlivňuje rozdíly v tloušťce kožních řas u dětí a adolescentů
- pravidelná pohybová aktivita je ve vztahu s nárůstem obsahu minerálů v kostech, korelační studie ukazují, že aktivní děti a adolescenti mají vyšší obsah minerálů v kostech oproti méně aktivním nebo neaktivním

Košťal, Plšíková (1996) uvádějí, že se tělesný vývoj sportujících skupin a chlapců a dívek do 15 let výrazněji neliší od normální populace, a tedy ani nemůže být příčinou vyšší pohybové výkonnosti u sportujících dětí. Sportující chlapci i dívky však zřejmě dosahují lepších výkonů v testech komplexní povahy a dá se hovořit o tom, že získávají určitou převahu.

Bylo uvedeno, že pohybová aktivita ovlivňuje složení těla. Stejně tak je však složení těla jedním z faktorů ovlivňujících pohybový režim dětí. Děti obézní a s nadváhou mají tendence se více věnovat tzv. sedavému trávení volného času (Bunc, 2009). Řada prací hovoří o poklesu pohybové aktivity u současných dětí a o tom, že množství pohybové aktivity je pro děti nedostatečné (Košťal, Plšíková, 1996, Bunc, 2008).

2.5.5 Motorické testování u dětí mladšího školního věku

Pomocí motorických testů lze hodnotit motorickou výkonnost a zdatnost. Motorické testování nám umožní porovnat pohybové předpoklady u jednotlivých dětí mezi sebou, ale také výsledky u různých skupin populace. Jak uvádí Měkota, Blahuš (1983) výsledky motorických testů mohou být podkladem pro výběr talentovaných dětí, nebo naopak při selekci žáků pohybově retardovaných nebo kondičně oslabených.

V motorickém testování lze využít jednotlivé testy pro hodnocení motorické výkonnosti, ale také testové baterie sestavené s cílem hodnotit celkovou tělesnou zdatnost (zdravotně orientovanou zdatnost). V tělovýchovné praxi se testy nejvíce využívají ke kontrole pohybového rozvoje, trénovanosti, fyzické zdatnosti žáků (Měkota, Blahuš, 1983).

Motorické testování nám poskytuje možnost diagnostiky v tzv. terénních podmínkách, které je proveditelné hromadně a není časově ani materiálově příliš náročné. Výhodou motorického testování oproti laboratorním přístrojovým testům je vyšší externí validita (Měkota, Kovář et al., 1996).

Problémem u dětí mladšího školního věku je volba vhodného testu. Pouze test, který využívá již zvládnuté dovednosti může vypovídat o výkonnosti a pohybových schopnostech. Turek (1999) uvádí, že již od 8 let můžeme na základě výsledku v motorickém testu usuzovat na úroveň pohybových schopností.

Pomocí motorických testů lze hodnotit jednotlivé složky zdravotně orientované zdatnosti, kterými jsou aerobní zdatnost, tělesné složení, svalová zdatnost. Specifika dětí mladšího školního věku mohou testování jednotlivých složek zdatnosti ovlivnit. Suchomel (2002) upozorňuje například na nízkou spolehlivost vytrvalostních testů u této věkové skupiny, která je dána proměnlivou motivací a neschopností udržet stálé běžecké tempo. Pro hodnocení tělesného složení je v praxi používáno buď hodnocení pomocí tloušťky kožních řas, nebo pomocí bioimpedance (Bunc, 2007). Svalová zdatnost zahrnuje svalovou sílu, vytrvalost a flexibilitu.

K hodnocení zdatnosti dětí mladšího školního věku, lze využít několik testových baterií, které zahrnují motorické testy a měření základních somatických charakteristik. V našich

podmínkách jsou nejznámější a nejpoužívanější: UNIFITTEST 6-60, EUROFIT a FITNESSGRAM.

2.6 Shrnutí teoretické části

Posturální stabilita je výsledkem působení systému posturální kontroly, který má za úkol kontrolovat pozici těla v prostoru. Jde o jednu ze základních složek pohybové koordinace těla a základ pro veškeré motorické dovednosti. Posturální stabilita má dvě neoddelitelné složky. První je udržení tělesné postury a přijetí příslušných vertikálních vztahů, a v důsledku toho udržení vzpřímeného postoje. Druhou složkou je vlastní udržení rovnováhy.

Udržování posturální stability a rovnováhy lidského těla je řízeno motorickými funkcemi CNS, tzv. motorickým systémem. Výchozí jednotkou pro spuštění motorické odpovědi je informace z vnějšího nebo vnitřního prostředí (Kaňovský, Herzig et al., 2007). Vlastní proces udržení posturální stability a rovnováhy lidského těla je výsledkem činnosti složitého komplexního regulačního systému, který používá informace o poloze těla ve vztahu ke gravitaci a okolnímu prostředí získávané prostřednictvím senzoričkových systémů. Jde o informace somatosenzoričkové, zrakové a vestibulární. Základem funkce posturální stability a rovnováhy lidského těla v různých polohách je zpětná vazba. Informace z receptorů je vedena přes CNS ke kosterním svalům, které na základě těchto informací provedou vhodné kontrakce.

V odborné literatuře je dokumentován progresivní vývoj posturální kontroly a rovnováhy s věkem. Vývoj není lineární, objevují se období prudkého zlepšení a lze se domnívat, že zřejmě existuje určitý vzor ve změnách rychlosti COP, který je časově posunutý mezi jedinci (Kirschenbaum et al., 2001). Pokrok od strategie založené na rychlosti (balistické) ke strategii založené na přesnosti (zpětnovazební) se objevuje okolo šesti let věku. Od sedmého roku se zdokonaluje použití duální strategie a postupně klesá rychlost výkyvů. S poklesem rychlosti postupně klesá i množství posturálních výkyvů. Snižování rychlosti výkyvů s věkem potvrzuje řada autorů (Hytönen, 1993, Nolan et al., 2005, Riach, Starkes, 1994, Streepey, Angulo-Kinzler, 2002, Wolf et al., 1998). Po devátém roce je pokles mírnější, což naznačuje, že zlepšení rovnováhy je nejvýraznější před tímto rokem. S věkem klesá také amplituda výkyvů (Figura et al., 1991, Wolf et al., 1998).

Ve věkovém období mezi 7. a 10. rokem se posturální kontrola a rovnováha stávají podobnými jako u dospělých (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Určité kvalitativní rozdíly však zůstávají. Děti v tomto období začínají přesněji korigovat pohyb COP a přecházejí k přesnější strategii kontroly rovnováhy, kterou lze nazvat duální strategie. Jedinec vybírá vhodnou strategii podle toho, jak to vyžaduje daná situace. Odráží se to ve snižování rychlosti výkyvů a poklesu množství výkyvů. Tento pokles je výraznější v první polovině období. Také odpověď na měnící se sensorické podmínky se stává podobnou jako u dospělých (Shumway-Cook, Woollacott, 1985).

Jak vyplývá z obsahové analýzy výzkumných prací, patří mezi nejčastěji používané parametry COP pro hodnocení posturální stability amplituda výkyvů COP ve směru předozadním a bočním, směrodatná odchylka těchto výkyvů a rychlost výkyvů COP a její směrodatná odchylka. Až na výjimky je v průběhu dětství charakteristický pokles těchto parametrů, což bývá dáváno do souvislosti se zlepšováním posturální stability v dětství (Figura et al., 1991, Hytönen et al., 1993, Wolf et al., 1998, Kirschenbaum et al., 2001, Nolan et al., 2005, Rival et al., 2005).

Období mladšího školního věku začíná kolem šesti let věku a končí kolem věku jedenácti let. Prakticky odpovídá době, kdy je dítě žákem prvního stupně základní školy. Biologicky lze období ohraničit dokončením první proměny postavy, kdy dochází k vyrovnání proporcionality mezi trupem a končetinami v začátku období a závěr je určen zahájením pohlavního dospívání, které se u dívek datuje mezi 10 a 11 lety a u chlapců o něco později mezi 11 a 12 lety.

Období je označováno jako příznivé pro vývoj motoriky a motorické učení především díky vyrovnanosti mezi biologickou a psychickou složkou vývoje. Nervový systém je již připraven na složité, koordinačně náročné pohyby a během období se pohybový projev bohatě diferencuje. Tělesný výkon je v největší míře ovlivněn biogenetickými faktory tedy, růstem a zráním organismu a dědičností. Jelikož jsou souvislosti mezi růstem, zráním a chronologickým věkem značně proměnlivé, objevují se v tomto období velké interindividuální rozdíly mezi jedinci téhož věku. Tak zvané vnější faktory jsou v interakci s výchovou jedince a stejně jako vnitřní předpoklady mohou ovlivnit pohybový projev dětí.

První polovina období je označována za přechodnou periodu ve vývoji motorické výkonnosti, kdy dozrávají základní motorické dovednosti. Od osmi let jsou pohybové projevy stabilizované a na úroveň motoriky můžeme usuzovat na základě výsledků dosažených v motorických testech. Výkonnost dětí se obvykle vztahuje k biologickým ukazatelům růstu, ale i po vyloučení vlivu tělesné výšky a váhy je výkonnost pozitivně ovlivněna věkem. To naznačuje důležitost neuromuskulárního zrání a zkušenosti (Malina et al., 2004).

Významnými faktory, které ovlivňují výkonnost dětí mladšího školního věku v motorických testech, jsou tělesná výška, tělesná hmotnost a složení těla. Zatímco výška ovlivňuje výkonnost v testech rychlosti a síly dolních končetin pozitivně (Kopecký, 2005), množství tělesného tuku a hmotnost jsou většinou faktory, které ovlivňují výkonnost negativně. Korelace mezi množstvím tělesného tuku a motorickou výkonností jsou stejně jako v ostatních obdobích negativní (Brtková et al., 1995, Chytráčková, Kovář, 1994, Malina et al., 2004, Moravec et al., 1996, Rowland, 1996, Suchomel, 2002), i když méně než v pozdějších obdobích. Zřejmý je tento vztah u výkonů vyžadujících přemístování těla jako je skok, běh nebo shyb.

Děti mladšího školního věku mají biologicky vrozenou vysokou potřebu pohybové aktivity, při které získávají prostřednictvím pohybu důležité informace požadované centrálním nervovým systémem pro jeho stimulaci (Rowland, 1996). Vhodný pohybový režim s adekvátním množstvím a kvalitou pohybové aktivity je důležitý pro vývoj dětského organismu (Měkota et al., 1988, Rowland, 1996, Moravec et al., 1996) a pro optimální stimulaci centrální nervové soustavy, která tvoří motorické odpovědi na různé situace. Vliv genetiky je nejvýraznější v raných obdobích lidského vývoje a s věkem roste vliv výchovy a pohybové zkušenosti. V začátku období mladšího školního věku se dokončuje vývoj základních pohybových dovedností a v průběhu období se začíná motorika výrazně diferencovat. Období mladšího školního věku lze označit za období nejintenzivnějšího rozvoje koordinačních schopností, který je mimo jiné i důsledkem dozrávání centrálního nervového systému. Do období spadá i senzitivní období rovnováhové schopnosti.

Z rešerše literatury vyplývá, že v zahraniční literatuře nalezneme poměrně velké množství výsledků týkajících se měření posturální stability u dětí. Stejně tak byla provedena řada výzkumů v oblasti motorického testování dětí v zahraničí i u nás a máme k dispozici data, která popisují zdatnost vybraných věkových skupin populace. Menší množství prací se věnuje

problematice vztahu posturální stability k jiným faktorům, jako jsou například růst nebo somatické ukazatele. Vztahem posturální stability k faktorům růstu a zrání u dětí bylo v zahraničí věnováno jen několik výzkumů a pouze minimum výzkumů se věnovalo otázce vztahu k motorickým ukazatelům. V České republice nebyly takto zaměřené výzkumy téměř publikovány. Problematika vzájemného vztahu posturální stability, věku, výšky, hmotnosti, složení těla a motorických předpokladů u dětí mladšího školního věku tak nebyla dosud podrobněji prozkoumána.

V naší práci bychom chtěli přispět k popisu vybraných ukazatelů posturální stability u dětí české populace a zhodnocení vývojových trendů v průběhu období mladšího školního věku u chlapců a dívek. Dále bychom chtěli přispět k pochopení vztahů posturální stability k vybraným somatickým a motorickým ukazatelům. Otázky, které může pomoci naše práce zodpovědět, jsou, zda má posturální stabilita u dětí mladšího školního věku vztah k faktorům růstu, složení těla a úrovni svalové zdatnosti a zda závisí na množství a kvalitě pohybové aktivity, kterou děti vykonávají.

3. Hlavní část

3.1 Cíl, hypotézy a úkoly práce

3.1.1 Cíl

Popsat změny vybraných parametrů posturální stability, které souvisejí s věkem a pohlavím dětí mladšího školního věku, a provést analýzu změn ve vybraných parametrech posturální stability v souvislosti se somatickými charakteristikami, pohybovými schopnostmi a pohybovou aktivitou.

3.1.2 Hypotézy

H1: Existují rozdíly ve vybraných parametrech posturální stability mezi věkovými skupinami 7 až 11 let.

H2: Existují rozdíly ve vybraných parametrech posturální stability mezi chlapci a dívkami ve věku 7 až 11 let.

3.1.3 Úkoly

Pro splnění cíle a ověření hypotéz je nutné splnit následující výzkumné úkoly:

1. Prostudovat odbornou literaturu, která se zabývá procesy řídicími kontrolu rovnováhy u člověka a vývojem posturální stability v průběhu lidského života. Výsledky dostupných prací zabývajících se problematikou podobnou nebo stejnou jako naše práce zpracovat do literární rešerše, která bude součástí teoretických východisek práce.

2. Na základě studia odborné literatury doplnit teoretickou část o charakteristiku období mladšího školního věku z hlediska tělesného vývoje, vývoje motoriky a vnitřních a vnějších faktorů, které je ovlivňují.

3. Stanovit proměnné, na základě kterých lze usuzovat na změny v posturální stabilitě.

4. Provést empirické šetření zahrnující měření posturální stability v různých typech stoje a podmínkách a měření vybraných somatických a motorických charakteristik.
5. Získané údaje zpracovat, analyzovat a porovnat výsledky ve věkových kategoriích u chlapců a dívek.
6. Zvolit vhodné metody statistické analýzy vzhledem k cíli práce a ověření stanovených hypotéz.
7. Přehledně prezentovat výsledky v hlavní části práce.
8. Na základě výsledků vypracovat diskusi a stanovit závěry práce.

3.2 Výzkumný soubor a výzkumné metody

3.2.1 Typ výzkumu

Jde o vývojovou studii korelačního typu pomocí průřezového statistického šetření. Šetření proběhlo na Základní škole Generála Klapálka v Kralupech nad Vltavou v termínu 18. - 20. června 2008.

3.2.2 Zkoumaná populace a výběr

Byl proveden záměrný výběr na 1. stupni ZŠ. Do studie byly zařazeny všechny děti, které měly písemný souhlas rodičů s účastí na měření. Děti bez souhlasu rodičů nebyly do studie zahrnuty. Počet dětí, které se zúčastnily měření, byl 154 (z toho 85 chlapců a 69 dívek).

3.2.3 Měřicí techniky a metody sběru dat

Somatická měření

Tělesná výška byla měřena pomocí antropometru s přesností 0,5 cm. Testovaná osoba stála naboso, paty u sebe, špičky mírně od sebe. Měřena byla vzdálenost od temene hlavy k zemi.

Tělesná hmotnost byla měřena na osobní náslapné váze s přesností měření 0,1 kg. Testované osoby byly váženy naboso ve cvičebním úboru v dopoledních hodinách.

Z tělesné výšky a hmotnosti byl spočítán index tělesné plnosti (BMI) podle vzorce:

$$\text{BMI} = \text{hmotnost (kg)} \cdot \text{tělesná výška}^{-2} \text{ (m)}$$

Složení těla

Bylo měřeno pomocí celotělové bioimpedance na multifrekvenčním přístroji Nutriguard-M (Data Input GmbH, Germany). Testovaná osoba byla měřena vleže, elektrody byly umístěny na pravé straně těla s tetrapolární konfigurací elektrod ve shodě s doporučením výrobce.

Měřeným parametrem byl odpor, z kterého bylo počítáno procento tělesného tuku a množství tukuprosté hmoty (FFM). Použité byly rovnice pro děti (Bunc et al., 2000b).

Motorické testy

Byly měřeny následující motorické testy:

- člunkový běh (4x10 metrů): jde o test běžecké rychlostní schopnosti se změnou směru, po jednom zkušebním pokusu byl zaznamenán čas s přesností 0,1 s
- skok daleký z místa: jde o test explozivně silové schopnosti dolních končetin, skok byl proveden odrazem snožmo se současným švihem paží vpřed, byl zaznamenán nejlepší ze tří pokusů
- výdrž ve shybu: jde o test statické síly horních končetin, byla měřena výdrž ve shybu nadhmatem s přesností na 1 s, testovaná osoba zaujala požadovanou pozici ve shybu pomocí švédské bedny a měla za úkol, co nejdéle udržet bradu nad hrazdou
- hloubka předklonu: jde o test pohyblivosti dolních končetin, testovaná osoba provedla sed, chodidla zapřená o dřevěnou bedýnku, měřil se dosah prstů rukou na horním okraji bedýnky s přesností 0,5 cm
- test výstupy (modifikovaný step test): jde o test dynamické síly dolních končetin a koordinace, po dobu 30 s měla testovaná osoba za úkol co nejrychleji opakovaně vystupovat a sestupovat na stupínek výšky 25 cm střídavě pravou a levou nohou. Byl počítán počet výstupů.

Testy byly provedeny podle metodiky UNIFITTEST 6-60 (Měkota, Kovář, 1996) – člunkový běh 4x10m, skok do dálky z místa, výdrž ve shybu a hloubka předklonu. Test výstupy byl modifikací Harwardského step testu (Měkota, Blahuš, 1983).

Posturální stabilita

Pro měření posturální stability bylo použito standardních testů (Kapteyn et al., 1983). Měřilo se ve stoji s otevřenými očima, stoji se zavřenými očima a ve stoji na dominantní a nedominantní noze po dobu 30 s. Pro posturografické vyšetření byla použita metoda tlaku vůči senzorům tlakové snímací desky FOOTSCAN. Je konstruována jako plošina velikosti 0,5 m x 0,4 m, na níž je umístěno přibližně 4100 senzorů s citlivostí od desetin N/cm² a se snímací frekvencí 33 Hz. Snímací deska vyhodnocuje tlakové zatížení jednotlivých senzorů a následně vypočítává středy tlakového působení objektu v ploše kontaktu značené zkratkou COP.

Zaznamenány byly hodnoty absolutních maximálních výchylek v pravolevém a předozadním směru, rychlost vychylování vypočtená jako změna polohy středu tlakového působení (COP) vzhledem k snímací frekvenci a celková dráha po dobu měření.

Vyhodnocovanými parametry posturální stability byly:

- SD X : směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice COP v průběhu testu ve směru osy x (bočním směru)
- SD Y: směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice COP v průběhu testu ve směru osy y (předozadním směru)
- Průměrná rychlost COP vypočtená ze změny polohy COP vzhledem ke snímací frekvenci
- SD rychlosti COP: směrodatná odchylka rychlosti COP

Množství mimoškolní pohybové aktivity

Množství mimoškolní pohybové aktivity bylo zjištěno pomocí dotazníku (Bunc et al., 2000a) na základě řízeného rozhovoru s dětmi před provedením motorických testů. Dotazník byl součástí protokolu z vyšetření, který je uveden v příloze VI.

3.2.4 Sběr dat

Na sběru dat se podíleli pracovníci Laboratoře Sportovní Motoriky a zaškolení studenti Pedagogické fakulty Univerzity J. E. Purkyně. Šetření proběhlo v terénních podmínkách na ZŠ generála Klapálka v Kralupech nad Vltavou v prostorách tělocvičny a v přilehlých místnostech a učebnách. Pro měření posturální stability byla vyčleněna samostatná místnost.

Pořadí sběru dat bylo určeno. Nejprve proběhlo měření posturální stability, měření složení těla pomocí celotělové bioimpedance a měření flexibility. Následně byl vyplněn dotazník o pohybové aktivitě a provedeny motorické testy. Měření motorických testů probíhalo v tělocvičně po třídách za účasti třídní učitelky.

3.2.5 Analýza dat

Pro evidenci a analýzu dat bylo použito programů Microsoft Excel a Statistica. Pro zpracování výsledků měření byly použity metody deskriptivní statistiky: aritmetický průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum, medián. Normalita rozdělení byla posouzena pomocí Kolmogorova-Smirnova testu. U normálně rozdělených proměnných jsme pro

posouzení statistické významnosti rozdílů mezi chlapci a dívkami a pro porovnání s normou použili test signifikance rozdílů 2 průměrů na hladině pravděpodobnosti 5%. Za věcně významné jsme považovali rozdíly o velikosti 1,5 násobku směrodatné odchylky. U nenormálně rozdělených dat jsme statistickou významnost rozdílů mezi skupinami chlapců a dívek posuzovali pomocí Mann-Whitneyova testu. Porovnání párových hodnot parametrů stability ve stoji s otevřenýma a zavřenýma očima a párových hodnot parametrů stability ve stoji na dominantní a nedominantní noze jsme posoudili Wilcoxonovým testem. Kruskalův-Wallisův test byl použit pro zjištění rozdílů ve stabilitě mezi skupinami rozdělenými na základě složení těla, výkonnosti v motorických testech a mimoškolní pohybové aktivity. Pro zjištění vztahů mezi závisle proměnnými (vybrané parametry posturální stability) a nezávisle proměnnými (somatické a motorické faktory) byla použita korelační analýza s výpočtem Pearsonova koeficientu součinné korelace a parciálních korelačních koeficientů. Hladina významnosti byla stanovena na 5% ($p < 0,05$). Podle velikosti korelačního koeficientu jsme usuzovali na sílu závislosti následovně: malá při r v intervalu 0,1 – 0,3; střední při r v intervalu 0,3 – 0,7; velká při r v intervalu 0,7 – 1,0 (Hendl, 2004).

3.3 Výsledky a diskuse

3.3.1 Somatická měření a složení těla

V první části kapitoly výsledky prezentujeme antropometrické údaje a vybrané parametry složení těla pro bližší charakteristiku sledovaného souboru. Pro větší přehlednost jsme výsledky zpracovali do grafů, které uvádíme v příloze I. (Graf 1-5).

Výsledky měření tělesné výšky a hmotnosti u chlapců a dívek ve věkových kategoriích jsou přehledně uspořádány v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1

Porovnání základních statistických charakteristik tělesné výšky chlapců a dívek ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [cm]	SD [cm]	x_{min} [cm]	x_{max} [cm]	p
7	chlapci	16	129,5	6,1	119,5	138,0	0,001*
	dívky	10	121,5	2,3	117,5	123,5	
8	chlapci	13	134,2	5,0	127,0	141,0	0,361
	dívky	12	133,5	4,7	126,0	141,0	
9	chlapci	24	137,2	7,7	118,5	148,0	0,172
	dívky	22	139,8	4,4	132,0	147,5	
10	chlapci	10	145,4	6,7	136,5	155,5	0,918
	dívky	12	145,1	6,7	135,5	159,0	
11	chlapci	14	145,9	6,1	133,0	153,5	0,039*
	dívky	11	152,2	8,3	139,0	167,0	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 2

Porovnání základních statistických charakteristik tělesné hmotnosti chlapců a dívek ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [kg]	SD [kg]	x_{min} [kg]	x_{max} [kg]	p
7	chlapci	16	27,6	5,5	20,5	38,3	0,020*
	dívky	10	22,6	4,0	19,5	29,5	
8	chlapci	13	32,6	6,7	22,8	42,7	0,898
	dívky	12	32,3	4,6	26,1	41,5	
9	chlapci	24	33,5	7,6	21,3	53,1	0,182
	dívky	22	36,1	5,0	27,1	43,8	
10	chlapci	10	42,4	9,6	30,8	62,9	0,262
	dívky	12	38,0	8,3	26,6	55,2	
11	chlapci	14	39,9	6,3	30,6	54,8	0,123
	dívky	11	45,0	9,6	34,4	61,2	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

Výsledky indexu tělesné plnosti (BMI) chlapců a dívek ve věkových kategoriích jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3

Porovnání základních statistických charakteristik indexu tělesné plnosti (BMI) chlapců a dívek ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [$kg \cdot m^{-2}$]	SD [$kg \cdot m^{-2}$]	x_{min} [$kg \cdot m^{-2}$]	x_{max} [$kg \cdot m^{-2}$]	p
7	chlapci	16	16,7	2,2	14,2	20,7	0,461
	dívky	10	16,0	2,5	12,9	20,7	
8	chlapci	13	17,7	3,8	14,3	28,7	0,878
	dívky	12	17,9	2,4	15,4	24,0	
9	chlapci	24	17,8	2,6	14,1	24,7	0,889
	dívky	22	17,9	2,2	13,7	22,7	
10	chlapci	10	19,7	3,3	16,5	26,4	0,361
	dívky	12	18,4	3,2	13,9	23,4	
11	chlapci	14	18,4	2,0	15,7	22,2	0,253
	dívky	11	19,6	3,1	15,6	24,9	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

Naměřené hodnoty procenta tělesného tuku u chlapců a dívek ve věkových kategoriích jsou uvedeny v tabulce 4. Naměřené hodnoty množství tukuprosté hmoty (FFM) u chlapců a dívek ve věkových kategoriích jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 4

Porovnání základních statistických charakteristik % tělesného tuku dívek a chlapců ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [%]	SD [%]	x_{min} [%]	x_{max} [%]	p
7	chlapci	16	17,0	4,1	13,5	29,2	0,168
	dívky	10	15,0	2,2	13,5	18,8	
8	chlapci	13	16,7	1,8	14,2	19,8	1,0
	dívky	12	16,7	2,5	12,3	22,2	
9	chlapci	24	17,3	4,5	13,0	31,4	1.0
	dívky	22	17,3	2,7	11,6	22,5	
10	chlapci	10	18,1	3,1	14,8	25,4	0,639
	dívky	12	17,5	2,8	12,6	23,0	
11	chlapci	14	17,0	2,3	14,1	22,3	0,791
	dívky	11	19,5	4,4	15,6	27,8	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 5

Porovnání základních statistických charakteristik množství tukuprosté hmoty (FFM) dívek a chlapců ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [kg]	SD [kg]	x_{min} [kg]	x_{max} [kg]	p
7	chlapci	16	24,4	4,8	17,7	33,1	0,059
	dívky	10	20,9	3,6	16,9	25,8	
8	chlapci	13	27,0	7,0	19,0	43,5	0,896
	dívky	12	26,7	3,7	20,6	32,0	
9	chlapci	24	28,3	4,6	18,2	41,5	0,874
	dívky	22	28,1	3,8	20,7	33,9	
10	chlapci	10	34,5	6,8	26,4	47,3	0,246
	dívky	12	31,1	6,5	23,0	44,1	
11	chlapci	14	32,8	4,0	26,2	40,2	0,100
	dívky	11	36,2	5,9	28,2	43,5	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

3.3.2 Diskuse k somatickým měřením a složení těla

Tělesná výška a hmotnost jedince jsou nepřímými ukazateli zdatnosti a výkonnosti (Měkota, Kovář, 1996). Jde o ukazatele, které odráží úroveň tělesného rozvoje a složení těla dětí. Také z tohoto důvodu jsme zařadili měření antropometrických charakteristik.

Podle měření výšky, hmotnosti a výpočtu indexu tělesné plnosti lze námi sledovaný soubor charakterizovat jako nadprůměrný. V porovnání se srovnávacími daty české populace (Vignerová, Bláha, 2001) se hodnoty tělesné výšky pohybují nejčastěji na úrovni 75. percentilu, pouze devítiletí a jedenáctiletí chlapci byli průměrní a sedmileté dívky byly podprůměrné (25 percentil). Tělesná hmotnost našeho souboru byla téměř ve všech věkových kategoriích nadprůměrná, až velmi nadprůměrná (75. až téměř 90. percentil). Výjimkou jsou sedmileté dívky dosahující 30. percentil. Také hodnoty BMI se pohybovaly nad úrovní 75. percentilu opět s výjimkou sedmiletých dívek.

Hodnoty výšky a hmotnosti u dětí našeho souboru se s věkem přirozeně zvyšují u dívek i chlapců, pouze hmotnost u chlapců vykazuje mírný pokles mezi desetiletými a jedenáctiletými. Index tělesné plnosti (BMI) u chlapců vykazuje nárůst do desátého roku věku a poté mírný pokles, kdy u jedenáctiletých je BMI nižší než u desetiletých. BMI u dívek celkově za období narůstá, mezi osmi a devíti roky se nemění a mezi devítiletými a desetiletými dívkami jsme zaznamenali pokles. Procento tuku vzrůstá u dívek po celé sledované období. U chlapců není patrný jasný pokles ani nárůst procenta tělesného tuku a jeho množství je u jedenáctiletých stejné jako u sedmiletých. Množství tukuprosté hmoty narůstá u dívek po celé sledované období. U chlapců je také patrný nárůst s výjimkou mírného poklesu u jedenáctiletých oproti desetiletým obdobně jako u BMI. Ukazuje se, že skupina desetiletých chlapců měla vyšší hmotnost a procento tělesného tuku oproti devítiletým i jedenáctiletým chlapcům, což je zřejmě dáno náhodným složením skupiny.

Rozdíly mezi chlapci a dívkami byly následující. Sedmiletí a osmiletí chlapci byli vyšší a těžší než dívky stejné věkové kategorie. V kategoriích devět až jedenáct let byly naopak většinou vyšší a těžší dívky. Srovnatelná byla pouze výška u desetiletých chlapců a dívek. Test statistické významnosti rozdílů ($p < 0,05$) ukázal, že významně se chlapci a dívky lišili ve výšce ve věku 7 let a 11 let. Zatímco v sedmi letech byly dívky významně menší, v jedenácti

byly významně větší. Statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) potvrzujeme také pro hmotnost u sedmiletých, kdy dívky vážily významně méně.

Velmi podobné rozdíly mezi chlapci a dívkami naměřili Vignerová, Bláha (2001) při sledování růstu českých dětí. V tomto měření však převyšují dívky chlapce ve výšce a hmotnosti až od desíti let.

Index tělesné plnosti (BMI) měli vyšší sedmiletí chlapci oproti sedmiletým dívkám, osmiletí a devítiletí chlapci a dívky jsou srovnatelní. Statistické rozdíly mezi chlapci a dívkami se na hladině významnosti $p < 0,05$ nepotvrdily. Desetiletí chlapci měli vyšší BMI než desetileté dívky a jedenáctileté dívky měly vyšší BMI než chlapci. Pohlavní rozdíly v BMI mezi chlapci a dívkami našeho souboru se odlišují od rozdílů zjištěných Vignerovou a Bláhou (2001), kde měli ve všech věkových kategoriích od sedmi do jedenácti let vyšší hodnoty chlapci.

Množství tělesného tuku bylo vyšší u sedmiletých a desetiletých chlapců než u dívek stejných věkových kategorií, ale tyto rozdíly nebyly na hladině významnosti $p < 0,05$ statisticky významné. Srovnatelné hodnoty procenta tuku byly u osmiletých a devítiletých chlapců a dívek. Dívky měly vyšší množství tuku než chlapci ve věkové kategorii jedenáct let.

Množství tukuprosté hmoty bylo vyšší u chlapců v sedmi, osmi, devíti a deseti letech. V jedenácti letech bylo vyšší u dívek. Rozdíly mezi chlapci a dívkami nebyly na zvolené hladině významnosti ($p < 0,05$) statisticky významné.

3.3.3 Motorické testy

Výsledky motorických testů jsou přehledně zpracovány v tabulkách v následujícím textu. Grafické znázornění obsahují grafy 6-10 v příloze I. Porovnání se srovnávacími daty (Bunc, 2000a) a hodnocení statistické významnosti rozdílů výsledků u dětí našeho souboru a srovnávací skupiny obsahují tabulky 1-4 v příloze I.

Výsledky testu člunkový běh u chlapců a dívek ve věkových kategoriích obsahuje tabulka 6.

Tabulka 6

Porovnání základních statistických charakteristik testu člunkový běh (4 x 10 m) u chlapců a dívek ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	\bar{x} [s]	SD [s]	x_{\min} [s]	x_{\max} [s]	p
7	chlapci	16	14,3	0,7	13,2	15,8	0,324
	dívky	10	14,6	0,8	13,4	15,3	
8	chlapci	13	14,3	1,3	12,3	15,8	0,182
	dívky	12	13,7	0,8	12,6	15,5	
9	chlapci	24	13,0	0,9	11,6	14,4	0,081
	dívky	22	13,5	1,0	11,7	15,9	
10	chlapci	10	12,6	1,4	10,8	15,2	0,690
	dívky	12	12,8	0,9	11,2	14,0	
11	chlapci	14	12,1	0,7	10,9	13,3	0,028*
	dívky	11	13,0	1,2	11,8	15,0	

*Legenda: n – počet jedinců souboru, \bar{x} – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{\min} – minimální hodnota, x_{\max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$*

Výsledky testu skok do dálky z místa u chlapců a dívek ve věkových kategoriích obsahuje tabulka 7.

Tabulka 7

Porovnání základních statistických charakteristik testu skok daleký z místa u chlapců a dívek ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [cm]	SD [cm]	x_{min} [cm]	x_{max} [cm]	p
7	chlapci	16	125,8	14,7	92	142	0,037*
	dívky	10	113,0	13,8	94	128	
8	chlapci	13	123,2	24,8	84	172	0,862
	dívky	12	121,7	16,7	104	162	
9	chlapci	24	139,5	15,6	115	180	0,235
	dívky	22	133,7	17,1	93	151	
10	chlapci	10	137,4	21,4	89	170	0,585
	dívky	12	142,2	19,2	110	166	
11	chlapci	14	155,4	21,7	126	210	0,326
	dívky	11	145,4	28,2	105	178	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

Výsledky v testu výdrž ve shybu u chlapců a dívek ve věkových kategoriích obsahuje tabulka 8.

Tabulka 8

Porovnání základních statistických charakteristik testu výdrž ve shybu u dívek a chlapců ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [s]	SD [s]	x_{min} [s]	x_{max} [s]	p
7	chlapci	16	8,0	5,3	0	19	0,160
	dívky	10	5,2	3,8	0	11	
8	chlapci	13	4,6	5,5	0	18	0,915
	dívky	12	4,4	3,5	0	10	
9	chlapci	24	10,9	10,6	0	39	0,513
	dívky	22	8,4	14,9	0	64	
10	chlapci	10	8,0	11,3	0	38	0,194
	dívky	12	3,4	3,4	0	9	
11	chlapci	14	9,9	6,9	0	28	0,185
	dívky	11	5,9	7,7	0	20	

Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$

Výsledky testu hloubka předklonu u chlapců a dívek ve věkových kategoriích obsahuje tabulka 9.

Tabulka 9

Porovnání základních statistických charakteristik testu hloubka předklonu u dívek a chlapců ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [cm]	SD [cm]	x_{min} [cm]	x_{max} [cm]	p
7	chlapci	16	12,3	6,2	4	24	0,076
	dívky	10	16,7	5,3	8	22	
8	chlapci	13	11,4	9,0	0	25	0,027*
	dívky	12	19,2	7,3	9	31	
9	chlapci	24	13,7	5,4	8	27	0,002*
	dívky	22	19,9	7,1	9	34	
10	chlapci	10	16,5	9,8	3	34	0,319
	dívky	12	20,4	8,1	4	33	
11	chlapci	14	15,3	5,6	3	23	0,191
	dívky	11	18,8	7,4	1	27	

*Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$*

Výsledky testu modifikovaný step test u chlapců a dívek ve věkových kategoriích obsahuje tabulka 10.

Tabulka 10

Porovnání základních statistických charakteristik testu modifikovaný step test u dívek a chlapců ve věku 7-11 let

Věk [roky]	Pohlaví	n	x [počet]	SD [počet]	x_{min} [počet]	x_{max} [počet]	p
7	chlapci	16	20,3	2,2	17	24	0,084
	dívky	10	19	0,7	18	20	
8	chlapci	13	20,1	4,2	15	26	0,064
	dívky	12	23,3	4,0	19	32	
9	chlapci	24	25,6	2,9	19	31	0,860
	dívky	22	25,8	4,6	17	34	
10	chlapci	10	26,7	5,4	17	38	0,416
	dívky	12	28,6	5,3	20	38	
11	chlapci	14	28,2	2,8	24	32	0,211
	dívky	11	26,2	4,9	19	34	

*Legenda: n – počet jedinců souboru, x – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, x_{min} – minimální hodnota, x_{max} – maximální hodnota, hodnoty jsou uvedeny v počtu výstupů, p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * - statisticky významné na $p < 0,05$*

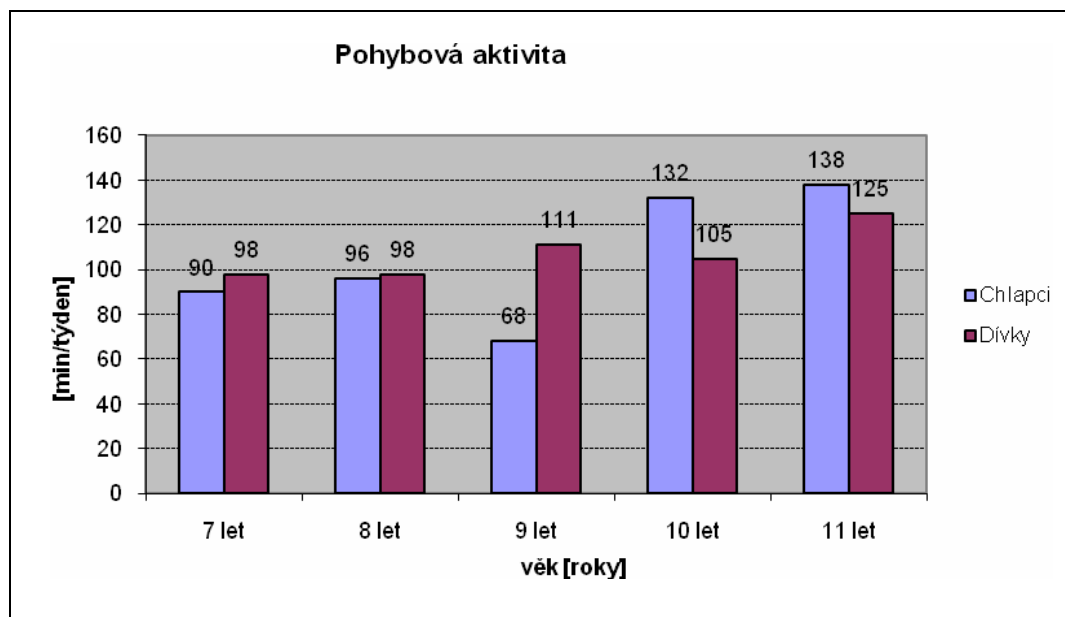
3.3.4 Pohybový režim

Pomocí dotazníkového šetření byla zjištěna délka mimoškolní pohybové aktivity. Průměrně děti vykázaly 104 minut pohybové aktivity za týden (min/týden), přičemž více se průměrně mimoškolní aktivitě věnovaly dívky (108 min/týden) než chlapci (102 min/týden). Zapojení do mimoškolní pohybové aktivity stoupalo s věkem dětí, v sedmi letech bylo průměrnou hodnotou 93 min/týden a v jedenácti 132 min/týden. Do devíti let měly vyšší pohybovou aktivitu dívky, od desíti let vykázali výrazně větší zapojení do mimoškolní pohybové činnosti chlapci.

Průměrné hodnoty pohybové aktivity zjištěné u chlapců a dívek ve věkových kategoriích znázorňuje graf 1.

Graf 1

Mimoškolní pohybová aktivita



3.3.5 Diskuse k výsledkům v motorických testech a pohybové aktivitě

Zlepšování v motorických testech jsme zaznamenali u většiny prováděných testů. V testu člunkový běh se výkon nezlepšoval pouze mezi věkovými kategoriemi sedm a osm let u chlapců, kdy byla průměrná hodnota u jmenovaných věkových kategorií stejná, a mezi věkovými kategoriemi deset a jedenáct let u dívek, kdy nastalo mírné zhoršení v testu u jedenáctiletých dívek.

Dalším motorickým testem byl skok daleký z místa, který charakterizuje dynamické a výbušné silové schopnosti dolních končetin. Výkonnost v tomto testu narůstala mezi věkovými kategoriemi 7 a 11 let u chlapců i dívek. U dívek bylo zlepšování kontinuální, zatímco u chlapců mírně klesl výkon osmiletých oproti sedmiletým a desetiletých oproti devítiletým. U desetiletých by se dal tento pokles výkonnosti vysvětlit větším množstvím tuku u desetiletých oproti devítiletým. Tuk bývá označován jako pasívní břemeno, které snižuje výkonnost v testech vyžadující přemísťování hmotnosti těla (Malina et al., 2004), kterým je i test skok daleký z místa.

Pro zjištění síly horních končetin byl použit test výdrž ve shybu. V tomto testu bylo zjištěno jen malé průměrné zlepšení chlapců i dívek mezi věkovými kategoriemi sedmiletých a jedenáctiletých. Růst výkonnosti v testu není zřejmý, osmiletí chlapci a dívky měli horší průměrný výsledek než sedmiletí, desetiletí chlapci i dívky měli horší výsledek než devítiletí. Tento test byl zřejmě pro děti našeho souboru příliš obtížný, na což lze usuzovat na základě velkých směrodatných odchylek a faktu, že ve všech věkových kategoriích se objevily děti, které nebyly schopny výdrže ve shybu ani po dobu jedné sekundy. Publikované výsledky testu výdrž ve shybu u české a slovenské populace (Bunc, 2000a, Měkota, Kovář, 1996, Moravec, 1996) jsou poněkud odlišné od našeho šetření, neboť ukazují plynulý nárůst výkonnosti.

V testu hloubka předklonu, který měří flexibilitu dolních končetin, je výkon u chlapců i u dívek ve věkové kategorii jedenáctiletých lepší než u sedmiletých. U dívek se výsledek v testu zlepšoval až do desíti let, jedenáctileté dívky však vykazaly horší pohyblivost než desetileté. U chlapců měli také největší pohyblivost desetiletí. Osmiletí chlapci měli horší výsledek než sedmiletí a jedenáctiletí chlapci měli horší výsledek než desetiletí.

Test výstupy ukázal výrazné zlepšení síly a koordinace dolních končetin mezi věkovými kategoriemi sedmiletých a jedenáctiletých. Výkony se postupně zlepšovaly s věkem kromě osmiletých chlapců, kteří dosáhli horšího výsledku než sedmiletí, a jedenáctiletých dívek, které dosáhly horšího výsledku než desetileté.

Chlapci dosáhli celkově lepších výkonů v člunkovém běhu, pouze ve věkové kategorii osmiletých byly rychlejší dívky. Statisticky ani věcně významné rozdíly mezi chlapci a dívkami se ve člunkovém běhu nepotvrdily u žádné věkové kategorie.

Ve skoku do dálky z místa také dosáhli lepších výkonů chlapci, pouze v deseti letech měly vyšší průměrnou hodnotu dívky. V sedmi letech potvrzujeme statisticky významně lepší výsledek u chlapců ($p < 0,05$) oproti dívkám. Věcnou významnost nepotvrzujeme.

V testu výdrž ve shybu dosáhli lepších výsledků ve všech skupinách chlapci, srovnatelný výkon ve výdrži ve shybu měli jen osmiletí chlapci a dívky. Statistickou významnost rozdílů

mezi chlapci a dívkami potvrzujeme u sedmiletých, ale za věcně významné tyto rozdíly nepovažujeme.

V testu hloubka předklonu dosáhly lepších výsledků dívky ve všech věkových skupinách. Statisticky významně lepší výsledek ($p < 0,05$) potvrzujeme u dívek v osmi a devíti letech, věcnou významnost nemůžeme potvrdit. Lepší výsledky v tomto testu se daly předpokládat neboť více autorů upozorňuje na lepší flexibilitu u dívek než u chlapců (Haywood, Getchel, 2009, Moravec et al., 1996).

V testu výstupy, který testuje sílu a koordinaci dolních končetin, dosáhly dívky lepších výsledků ve všech věkových kategoriích kromě sedmi a jedenácti let. Statistickou významnost nepotvrzujeme ani u jedné věkové kategorie.

Při porovnání se srovnávací skupinou (Bunc, 2000a) jsme u našeho souboru zaznamenali tendenci ke slabším výkonům. Stejných nebo lepších výsledků jako děti srovnávací skupiny dosáhli pouze desetiletí chlapci a dívky ve člunkovém běhu, sedmiletí, devítiletí a jedenáctiletí chlapci a devítileté a desetileté dívky v testu skok daleký z místa a sedmileté dívky v testu hloubka předklonu. V žádném z těchto případů však nebyly výsledky významně lepší. V ostatních případech byly děti našeho souboru podprůměrné.

Statisticky významné rozdíly v průměrech skupin jsme našli u sedmiletých a osmiletých chlapců a sedmiletých a jedenáctiletých dívek v člunkovém běhu. Věcnou významnost však nepotvrzujeme. Dále se od srovnávací skupiny významně lišily výsledky osmiletých, devítiletých a desetiletých chlapců a desetiletých dívek v testu výdrž ve shybu. Tyto rozdíly, kdy děti našeho souboru dosáhly horších výsledků, považujeme i za věcně významné. Za věcně i statisticky významné považujeme také horší výsledky v testu hloubka předklonu u osmi a devítiletých chlapců. U sedmiletých a desetiletých chlapců se potvrdila jen statistická významnost.

Zapojení do mimoškolní pohybové činnosti dětí celkově stoupalo s věkem u chlapců i u dívek. Do devíti let byly více do mimoškolní pohybové činnosti zapojeny dívky. V devíti letech je patrné malé zapojení chlapců a výrazně vyšší aktivita dívek. Od desíti let vykázali

větší zapojení do mimoškolní pohybové aktivity chlapci. Vysvětlení můžeme hledat v nabídce sportovních aktivit v regionu. Je možné, že tato nabídka ovlivňuje zapojení dětí. Oddíly sportovních her, přitažlivé zejména pro chlapce, mohou preferovat děti až od určitého věku. Naopak oddíly nebo kroužky různých koordinačně zaměřených sportů (gymnastika, tanec, aerobic), které lákají spíše dívky, provádějí nábor u mladších věkových kategorií. Druhým vysvětlením může být zájem samotných dětí, kdy u dívek po desátém roce spontánně klesá zájem o pohybovou aktivitu, zatímco u chlapců je tomu naopak.

3.3.6 Posturální stabilita

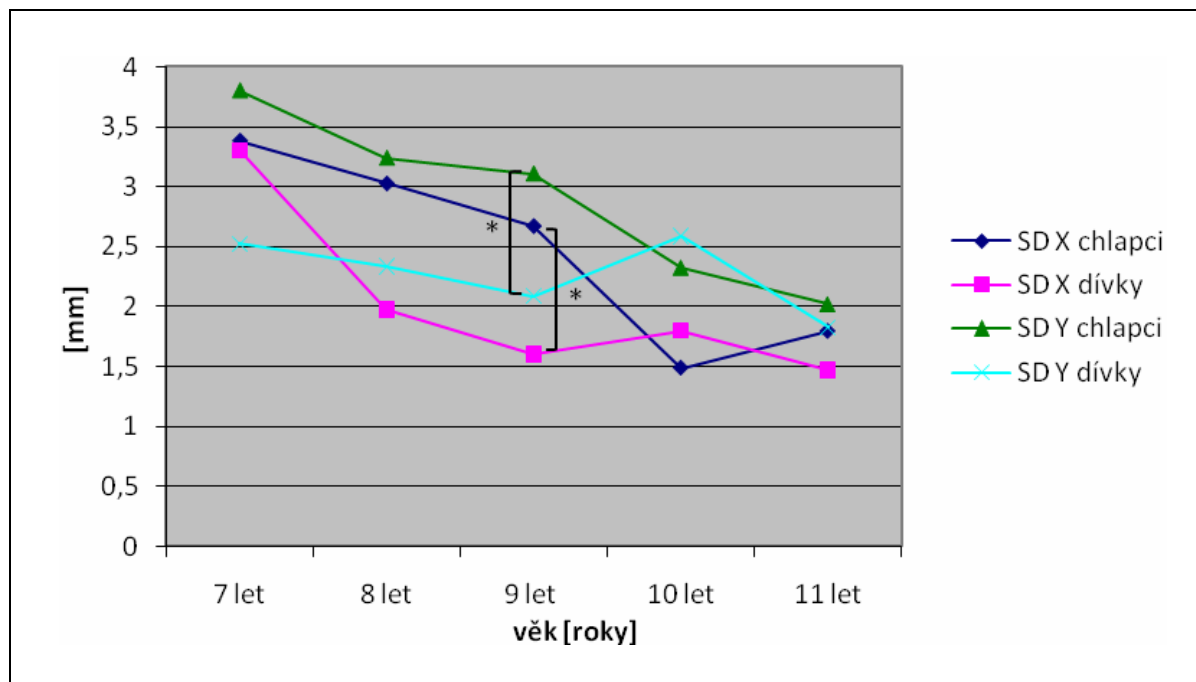
V grafech 2 až 9 jsou znázorněny průměrné hodnoty parametrů posturální stability ve věkových kategoriích u chlapců a dívek za účelem postihu vývojového trendu. Statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ve věkových kategoriích jsou v grafech označeny *. Normalita rozdělení byla zjištěna pomocí Kolmogorova-Smirnovova testu (příloha II, tabulka 5). Naměřená data nevykazují normální rozdělení.

Kompletní hodnocení statistických rozdílů mezi chlapci a dívkami obsahují tabulky 6-13 v příloze III.

Průměrné hodnoty směrodatné odchylky bočních (SD X) a předozadních (SD Y) výkyvů ve věkových kategoriích u dívek a chlapců ve stoji s otevřenými očima je znázorněn v grafu 2, ve stoji se zavřenými očima v grafu 3.

Graf 2

Průměrné hodnoty SD X a SD Y u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji s očima otevřenými

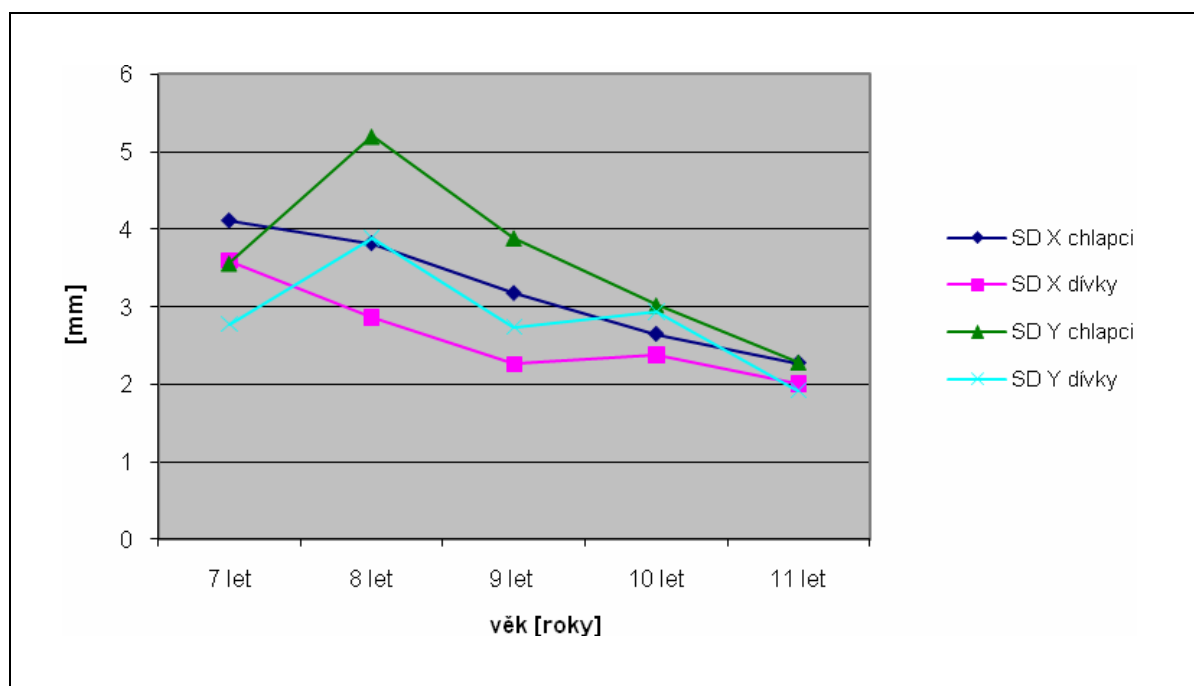


Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

SD X ve stoji s otevřenýma očima jsou téměř shodné u dívek a chlapců ve věkové kategorii 7 let (SD X chlapci = 3,38 mm, SD X dívky = 3,3 mm), poté již jsou u dívek nižší s výjimkou věku 10 let. Např. u devítiletých je SD X chlapců = 2,67 mm a u dívek = 1,61 mm. Průměrné hodnoty SD Y ve stoji s otevřenýma očima jsou u dívek mezi 7. a 9. rokem výrazně nižší (SD Y chlapci 8 let = 3,24 mm, SD Y dívky 8 let = 2,33 mm), v deseti letech však mají menší odchylku v předozadním směru chlapci a poté jsou již hodnoty podobné. U jedenáctiletých chlapců byla průměrná SD Y = 2,02 mm, u dívek 1,83 mm.

Graf 3

Průměrné hodnoty SD X a SD Y u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji s očima zavřenýma



Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru

Odlisný průběh změn je patrný u stoje se zavřenýma očima, kde hodnoty SD X nevykazují tak velké rozdíly u dívek a u chlapců, ale zůstávají konstantně menší u dívek. U SD Y jsou patrné také konstantně menší hodnoty u dívek, pouze ve věku 10 let jsou hodnoty téměř shodné (SD Y chlapci = 3,02 mm, SD Y dívky = 2,94 mm). Zajímavý je vzestup hodnoty SD Y u osmiletých chlapců i dívek, kteří vykazují vyšší hodnoty než sedmiletí.

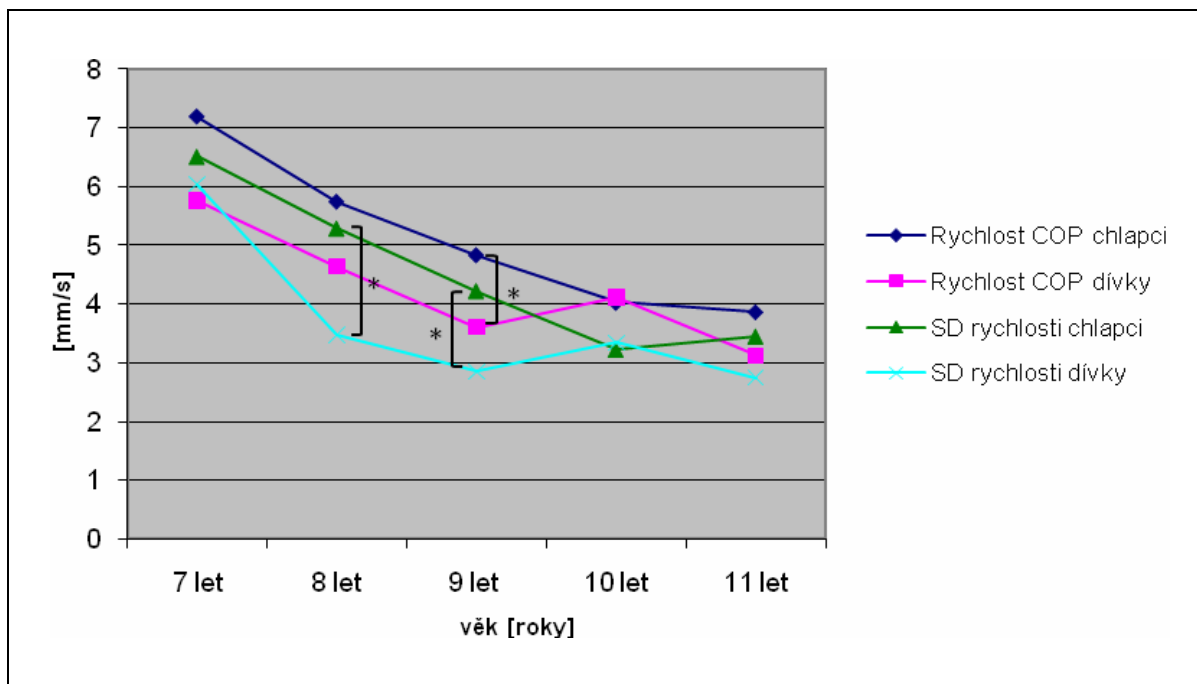
Ve stoji s otevřenými i zavřenými očima pozorujeme trend postupného poklesu průměrných hodnot směrodatné odchylky výkyvů ve směru bočním i předozadním mezi 7. a 11. rokem věku. Výraznější nárůst se objevuje jen u směrodatné odchylky ve směru předozadním ve stoji se zavřenými očima mezi 7. a 8. rokem u obou pohlaví.

V podmínkách se zrakovou kontrolou vykázaly signifikantně nižší výkyvy COP v obou směrech dívky. Statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ve věkových skupinách byly nalezeny u devítiletých ve stoji s očima otevřenými (SD X chlapci = 2,67 mm, SD X dívky = 1,6 mm, SD Y chlapci = 3,11 mm, SD Y dívky = 2,08 mm).

Naměřené průměrné hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti v jednotlivých věkových kategoriích u chlapců a dívek ve stoji s otevřenými očima znázorňuje graf 4, ve stoji se zavřenými očima graf 5.

Graf 4

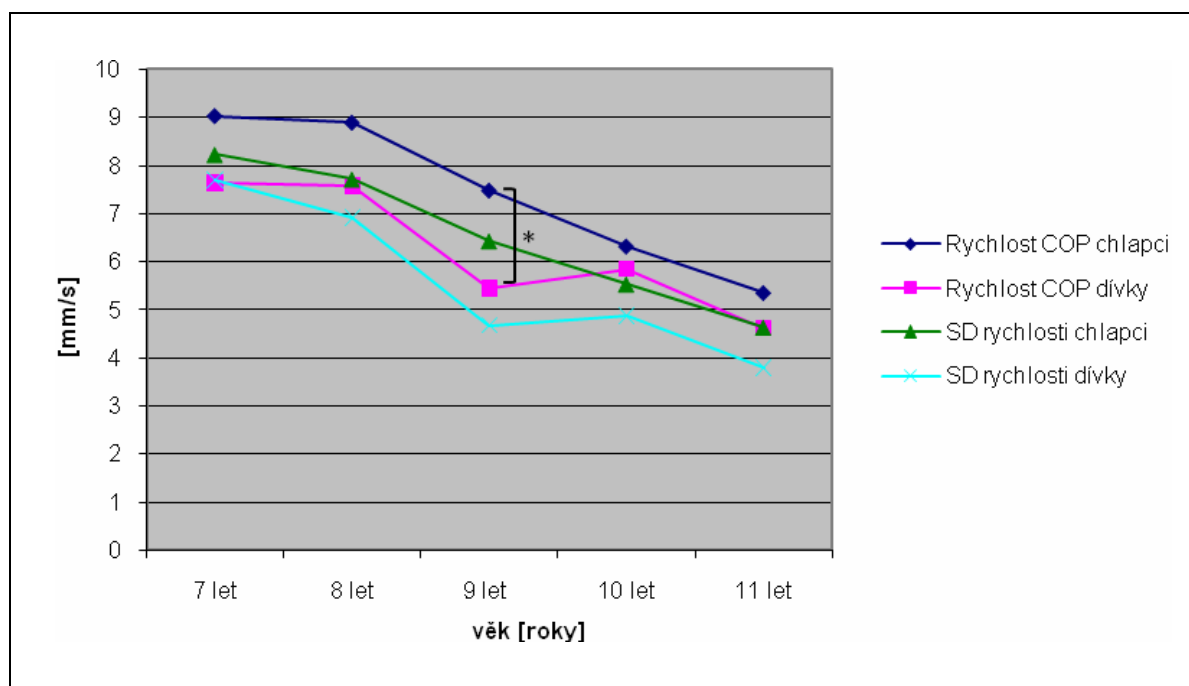
Průměrné hodnoty rychlosti COPa SD rychlosti u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji s očima otevřenými



Vysvětlivky: Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

Graf 5

Průměrné hodnoty rychlosti COPa SD rychlosti u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji s očima zavřenýma



Vysvětlivky: Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

Rychlost COP a SD rychlosti vykazují mezi 7. a 11. rokem tendenci k poklesu u chlapců i dívek. Rychlejší pokles pozorujeme v první polovině období, tj. mezi 7 a 9 rokem.

Ve stoji s otevřenýma očima je rychlost pohybu COP na stejné úrovni u dívek i chlapců jen ve věku 10 let. SD rychlosti u chlapců kopíruje vývoj rychlosti COP, u dívek je křivka odlišná mezi 7. a 8. rokem věku, kdy je u SD rychlosti patrný výraznější pokles než u rychlosti COP. Po 8. roce je vývoj obou parametrů srovnatelný a má podobný vývoj, kdy SD rychlosti dosahuje konstantně nižších hodnot než rychlost COP. Ve stoji s očima zavřenýma pozorujeme plató rychlosti COP mezi 7. a 8. rokem u chlapců i dívek, poté následuje u dívek do 9 let prudší pokles než u chlapců, který je ovšem vyrovnán mírným nárůstem rychlosti COP mezi 9. a 10. rokem. U chlapců od osmi let klesají hodnoty lineárně až do věku 11 let.

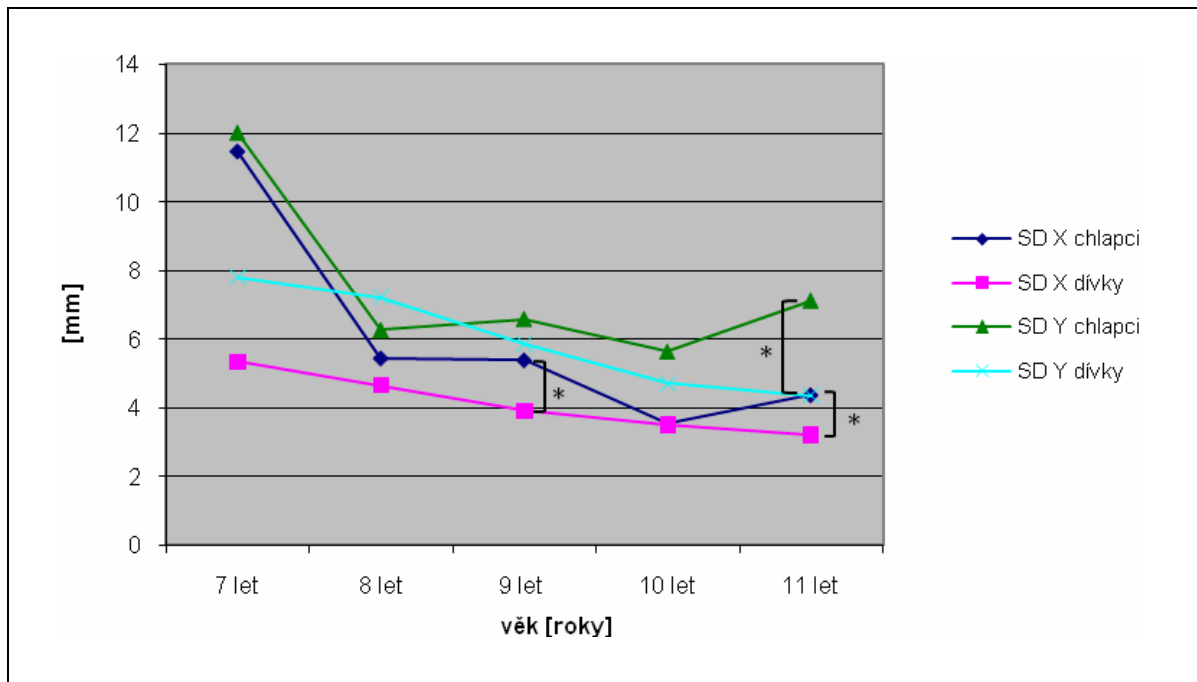
Ve věkových kategoriích se rychlost COP a SD rychlosti lišila u chlapců a dívek signifikantně v devíti letech ve stoji s očima otevřenýma i zavřenýma. Průměrná rychlost ve stoji s očima otevřenýma byla u devítiletých chlapců $4,84 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, u devítiletých dívek $3,61 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Ve

stoji s očima zavřenými byla průměrná rychlost COP u devítiletých chlapců $7,48 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ a u devítiletých dívek $5,45 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. V osmi letech byla významně nižší u dívek ve stoji s očima otevřenými průměrná hodnota SD rychlosti.

Průměrné hodnoty směrodatných odchylek výkyvů v bočním (SD X) a předozadním směru (SD Y) ve stoji na dominantní noze jsou zobrazeny v grafu 6, na nedominantní noze v grafu 7.

Graf 6

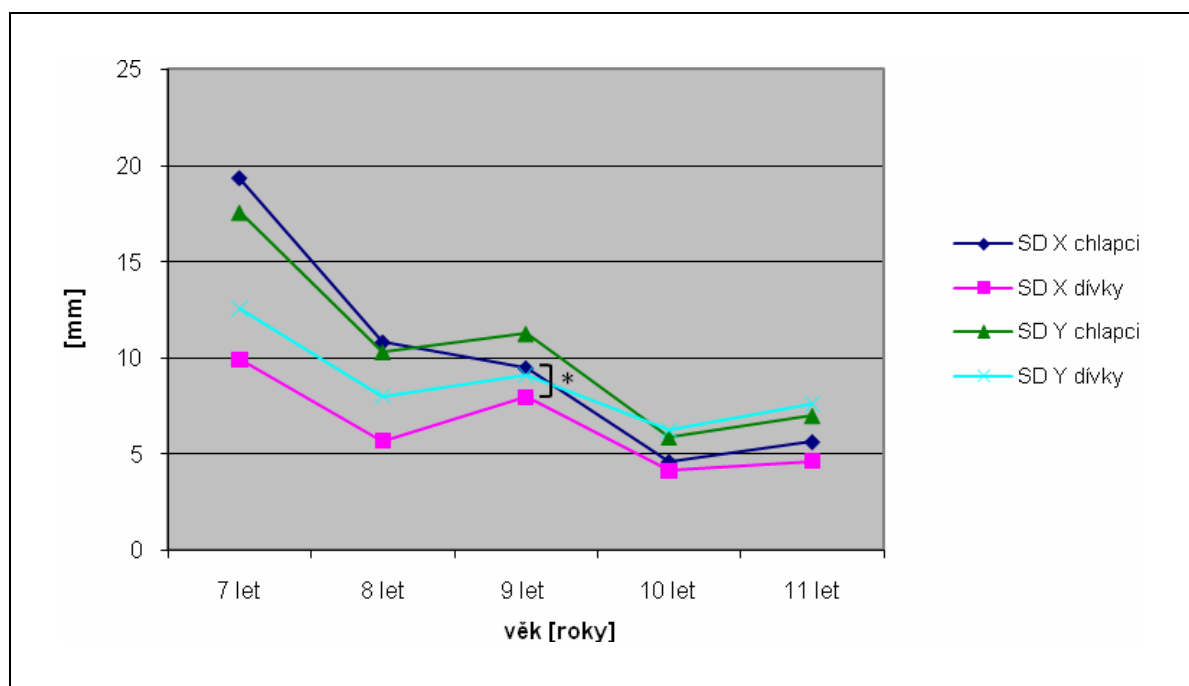
Průměrné hodnoty SD X a SD Y u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji na dominantní noze



Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

Graf 7

Průměrné hodnoty SD X a SD Y u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji na nedominantní noze



Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

Trend zřetelného poklesu směrodatné odchylky výkyvů v bočním a předozadním směru pozorujeme ve stoji na dominantní i nedominantní noze do 10 let u chlapců i dívek. U chlapců je patrný prudký pokles SD X a SD Y ve stoji na dominantní i nedominantní noze mezi 7 a 8 lety. Podobný pokles obou směrodatných odchylek výkyvů pozorujeme ve stejném věku také u děvčat ve stoji na nedominantní noze. Ve stoji na dominantní noze se podobný prudký pokles u děvčat neukázal.

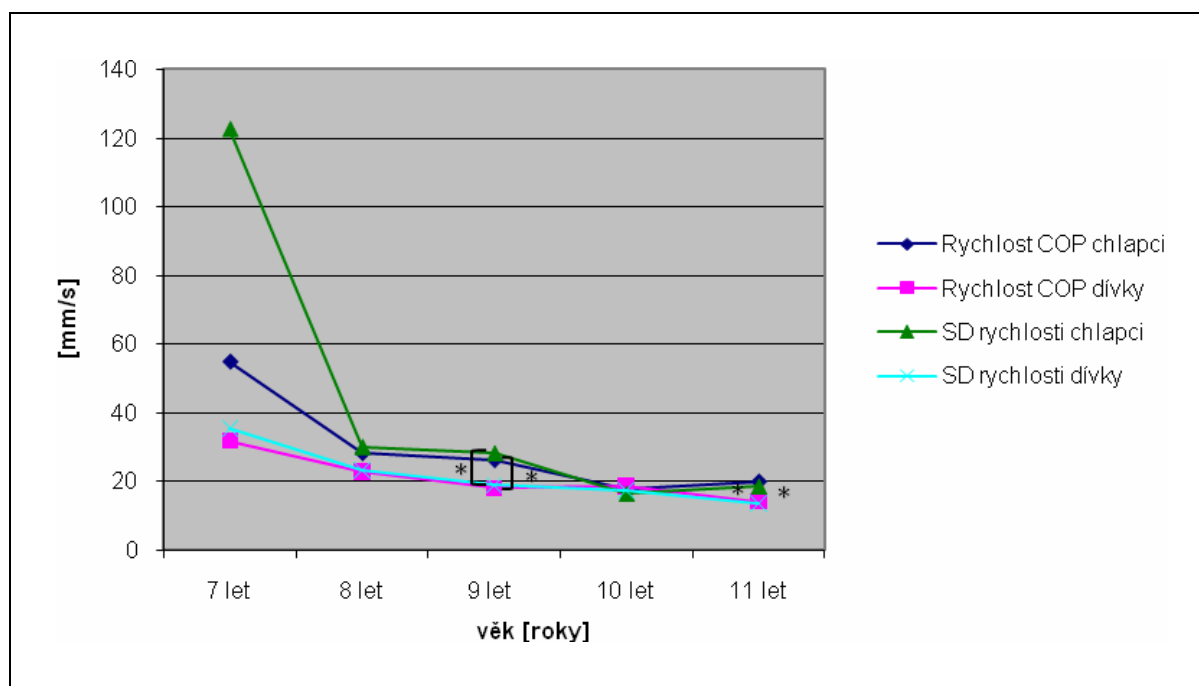
SD X u dominantní nohy je menší u dívek po celé sledované období kromě věku 10 let, kdy jsou hodnoty u chlapců a dívek téměř shodné. Např. u devítiletých chlapců je SD X ve stoji na dominantní noze 5,4 mm a u dívek 3,9 mm, u desetiletých chlapců je SD X ve stoji na dominantní noze 3,56 mm a u dívek 3,5 mm. Patrné je prudké snížení SD X i SD Y u chlapců mezi 7. a 8. rokem.

Jako signifikantní se ukázaly rozdíly SD X a SD Y u dominantní i nedominantní nohy, kdy u dívek byly nalezeny nižší hodnoty než u chlapců. Ve věkových skupinách se objevily signifikantní rozdíly SD X mezi chlapci a dívkami u skupiny devítiletých na dominantní i nedominantní noze a u jedenáctiletých SD X i SD Y na dominantní noze.

Průměrné hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti ve stoji na dominantní noze jsou zobrazeny v grafu 8.

Graf 8

Průměrné hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji na dominantní noze

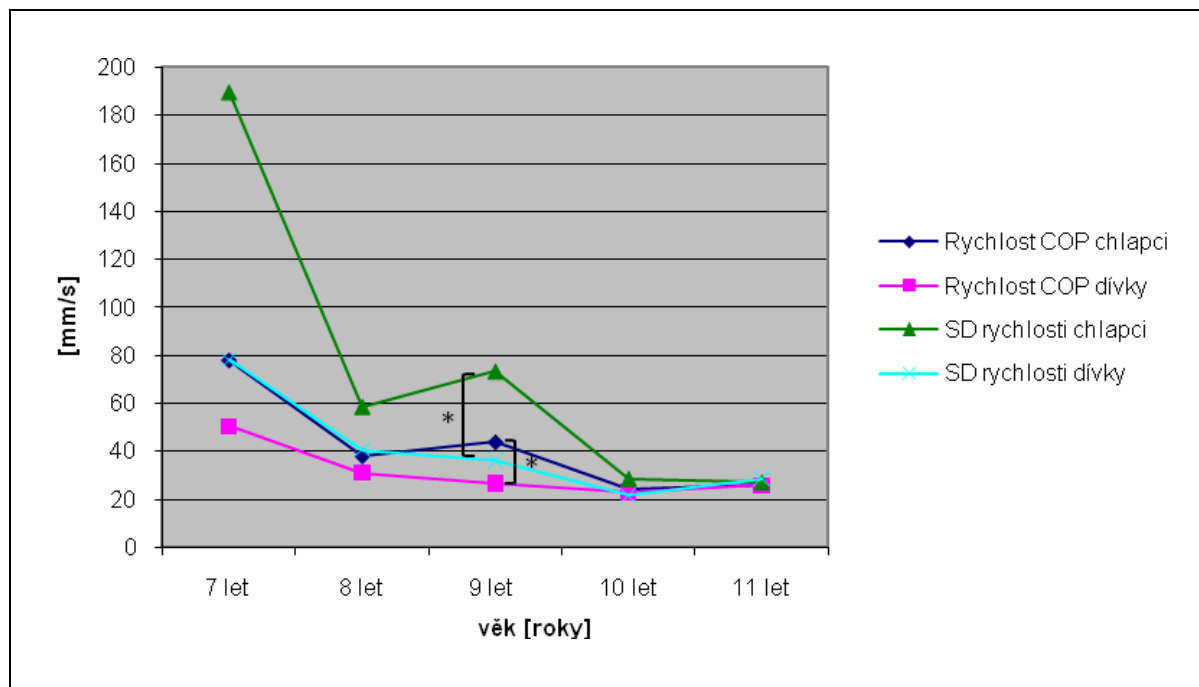


Vysvětlivky: Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

Průměrné hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti ve stoji na nedominantní noze jsou zobrazeny v grafu 9.

Graf 9

Průměrné hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji na nedominantní noze



Vysvětlivky: Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ($p < 0,05$)

Trend k poklesu rychlosti COP a SD rychlosti COP ve stoji na dominantní i nedominantní noze pozorujeme do deseti let. Nejvýraznější pokles rychlosti COP a SD rychlosti COP je patrný mezi 7 a 8 rokem u chlapců i u dívek. U sedmiletých chlapců pozorujeme vysokou průměrnou hodnotu směrodatné odchylky rychlosti COP ve stoji na dominantní i nedominantní noze.

U dívek jsou ve stoji na dominantní noze od sedmi let hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti srovnatelné. U chlapců se stejná vyrovnanost hodnot rychlosti COP a SD rychlosti objevuje až od osmi let. U nedominantní nohy se vyrovnanost obou těchto ukazatelů objevuje až od desíti let.

Statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ve věku 7 až 11 let se ukázaly v rychlosti COP a SD rychlosti ve stoji na dominantní i nedominantní noze. Ve věkových kategoriích se signifikantně odlišovala rychlost COP chlapců a dívek u devítiletých (rychlost COP i SD rychlosti na dominantní i nedominantní noze) a u jedenáctiletých rychlost COP i SD rychlosti na dominantní noze (rychlost COP ve stoji na dominantní noze chlapci 20,02 mm/s, SD rychlosti 18,62 mm/s; rychlost COP ve stoji na dominantní noze dívky 14,19 mm/s, SD rychlosti 13,66 mm/s).

Základní statistické charakteristiky měřených parametrů stability u chlapců a dívek ve věkových kategoriích jsou obsaženy v příloze IV. Ve stoji s otevřenýma očima tabulka 14, ve stoji se zavřenýma očima tabulka 15, ve stoji na dominantní noze tabulka 16 a ve stoji na nedominantní noze tabulka 17.

3.3.7 Stabilita a somatické ukazatele

Následující kapitola obsahuje hodnocení závislostí parametrů stability na somatických faktorech a věku. Nezávisle proměnnými byly věk, hmotnost, výška, BMI, procento tělesného tuku a FFM. Závisle proměnnými parametry: směrodatná odchylka výkyvů ve směru bočním (SD X), směrodatná odchylka výkyvů ve směru předozadním (SD Y), průměrná rychlost COP a SD rychlosti COP. Pro odlišení souhrnného vlivu somatických faktorů a věku byl použit parciální koeficient korelace pro věk, hmotnost a výšku.

Tabulka 10 obsahuje korelační analýzu vztahů mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji s otevřenýma očima u chlapců, tabulka 11 ve stoji s otevřenýma očima u dívek.

Tabulka 10

Korelační analýza mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji s otevřenýma očima u chlapců (Pearsonův koeficient součinnové korelace)

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Věk	-0,27*	-0,19	-0,28*	-0,22
Hmotnost	-0,27*	-0,11	-0,20	-0,15
Výška	-0,29*	-0,16	-0,27*	-0,21
BMI	-0,21	-,08	-0,13	-0,10
Tuk (%)	-0,08	0,02	0,00	0,00
FFM	-0,30*	-0,14	-0,23	-0,18

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, BMI – index tělesné plnosti, FFM – množství tukuprosté hmoty, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 1111

Korelační analýza mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji s otevřenýma očima u dívek (Pearsonův koeficient součinnové korelace)

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Věk	-0,21	-0,21	-0,39*	-0,25*
Hmotnost	-0,21	-0,11	-0,27*	-0,17
Výška	-0,12	-0,13	-0,27*	-0,12
BMI	-0,23	-0,06	-0,17	-0,15
Tuk (%)	-0,24	-0,08	-0,20	-0,13
FFM	-0,20	-0,11	-0,28*	-0,17

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, BMI – index tělesné plnosti, FFM – množství tukuprosté hmoty, * statisticky významné na $p < 0,05$*

U chlapců ukazují výsledky na statisticky významné ovlivnění směrodatné odchylky bočních výkyvů věkem, hmotností, výškou a množstvím tukuprosté hmoty. Pomocí koeficientu determinace jsme vypočítali věcnou významnost ovlivnění. Věk ovlivnil velikost směrodatné odchylky výkyvů v bočním směru z 8%, hmotnost ze 7%, výška z 8% a FFM z 9%. Nejsilnější ovlivnění vykázal tedy faktor množství tukuprosté hmoty (FFM).

U parametru rychlost COP se prokázal statisticky významný vztah s věkem a výškou, věk ovlivnil rychlost COP z 8% a výška ze 7%.

U dívek se ukázaly jako statisticky významné vztahy věku, hmotnosti, výšky a FFM k parametru rychlosti COP. Věk ovlivnil rychlost COP z 15%, hmotnost a výška ze 7% a

FFM z 8%. Ani u chlapců, ani u dívek nekorelovaly významně žádné somatické ukazatele se směrodatnou odchylkou předozadních výkyvů (SD Y). Uvedené signifikantní korelace mají zápornou hodnotu a korelují negativně, to znamená, že se zvyšující se hodnotou somatických ukazatelů (růstem těla) se snižují směrodatné odchylky výkyvů v pravolevém směru a rychlost COP.

Tabulky 12 a 13 obsahují parciální korelační koeficienty věku, hmotnosti a výšky s parametry stability ve stoji s otevřenými očima u chlapců a dívek.

Tabulka 12

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji s otevřenými očima u chlapců (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,20	-0,15	0,03
SD Y	-0,13	-0,01	0,00
Rychlost COP	-0,17	-0,04	-0,05
SD rychlosti	-0,17	-0,05	-0,00

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 13

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji s otevřenými očima u dívek (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,35*	-0,28*	0,27*
SD Y	-0,12	-0,02	0,03
Rychlost COP	-0,40*	-0,24	0,22
SD rychlosti	-0,36*	-0,25*	0,26*

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Byl prokázán statisticky významný vliv věku na SD X, rychlost COP a SD rychlosti po vyloučení vlivu výšky a váhy u dívek. Podle koeficientu determinace jsme zjistili věcnou významnost těchto vztahů. Věk u dívek ovlivnil směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) z 12%, rychlost COP z 16% a SD rychlosti COP z 12%. Statisticky významný

vliv měla také hmotnost dívek po vyloučení vlivu výšky a věku na SD X a SD rychlosti. Hmotnost dívek ovlivnila směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru z 8% a SD rychlosti COP ze 6%. Výška dívek měla po vyloučení vlivu hmotnosti a věku významně pozitivní vliv na směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X), kterou ovlivnila ze 7%, a na SD rychlosti COP, kterou ovlivnila také ze 7%. Vyšší výška znamenala vyšší hodnoty parametrů stability. U chlapců jsme nenalezli signifikantní vztahy.

Tabulky 14 a 15 obsahují korelační analýzu vztahů mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji se zavřenými očima u chlapců a dívek.

Tabulka 14

Korelační analýza mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji se zavřenými očima u chlapců (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Věk	-0,25*	-0,22	-0,36*	-0,38*
Hmotnost	-0,24*	-0,12	-0,15	-0,14
Výška	-0,28*	-0,18	-0,31*	-0,32*
BMI	-0,16	-0,04	-0,01	0,01
Tuk (%)	-0,07	0,02	0,07	0,09
FFM	-0,26*	-0,14	-0,19	-0,18

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, BMI – index tělesné plnosti, FFM – množství tukuprosté hmoty, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 15

Korelační analýza mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji se zavřenými očima u dívek (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Věk	-0,12	-0,36*	-0,25*	-0,27*
Hmotnost	-0,09	-0,07	-0,15	-0,10
Výška	-0,08	-0,20	-0,17	-0,18
BMI	-0,05	0,12	-0,06	0,03
Tuk (%)	-0,07	-0,00	-0,12	-0,07
FFM	-0,08	-0,07	-0,15	-0,10

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, BMI – index tělesné plnosti, FFM – množství tukuprosté hmoty, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Prokázaly se statisticky významné vztahy věku, hmotnosti, výšky a množství tukuprosté hmoty (FFM) k směrodatné odchylce bočních výkyvů (SD X) u chlapců. Věcná významnost těchto vztahů určená na základě výpočtů koeficientů determinace byla následující. Směrodatná odchylka výkyvů v bočním směru (SD X) byla ovlivněna věkem chlapců ze 6%, hmotností ze 6%, výškou z 8% a FFM ze 7%. Dále byl u chlapců prokázán statisticky významný vliv věku a výšky na rychlost COP a SD rychlosti. Věk ovlivnil rychlost COP u chlapců ze 13% a SD rychlosti COP ze 14%, výška ovlivnila rychlost COP a SD rychlosti COP shodně z 10%.

U dívek se jako jediný faktor ovlivňující stabilitu ve stoji se zavřenými očima ukázal věk, který ovlivnil směrodatnou odchylku výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 13%, rychlost COP z 6% a SD rychlosti COP ze 7%. Korelační koeficienty jsou záporné, to ukazuje na negativní závislost. Se vzrůstající hmotností, výškou, věkem a množstvím FFM u chlapců klesají pravolevé výkyvy (SD X). S výškou a věkem u chlapců se snižuje rychlost COP a SD rychlosti. U dívek klesají všechny měřené parametry stability ve stoji se zavřenými očima s věkem. Nejméně je věkem ovlivněna pravolevá odchylka (SD X), u které nelze vliv věku označit jako významný.

Tabulky 16 a 17 obsahují parciální korelační koeficienty věku, hmotnosti a výšky s parametry stability ve stoji se zavřenými očima u chlapců a dívek.

Tabulka 13

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji se zavřenými očima u chlapců (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,16	-0,09	-0,02
SD Y	-0,13	0,01	-0,01
Rychlost COP	-0,24*	0,04	-0,07
SD rychlosti	-0,26*	0,02	-0,05

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 17

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji se zavřenými očima u dívek (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,24	-0,14	0,13
SD Y	-0,30*	0,08	0,06
Rychlost COP	-0,29*	-0,14	0,15
SD rychlosti	-0,28*	-0,06	0,09

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Statisticky významné vztahy byly prokázány u věku k rychlosti COP a SD rychlosti u chlapců a k směrodatné odchylce předozadních výkyvů (SD Y), rychlosti COP a SD rychlosti u dívek. Věcná významnost zjištěná pomocí koeficientu determinace ukazuje u chlapců, že věk ovlivnil rychlost COP i SD rychlosti ze 6%. U dívek ovlivnil věk směrodatnou odchylku výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 9%, rychlost COP z 8% a SD rychlosti COP z 9%.

Tabulky 18 a 19 obsahují korelační analýzu vztahů mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji na dominantní a nedominantní noze u chlapců a dívek.

Tabulka 18

Korelační analýza mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji na jedné noze u chlapců (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	Dominantní noha				Nedominantní noha			
	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Věk	-0,37*	-0,30*	-0,50*	-0,39*	-0,39*	-0,41*	-0,48*	-0,37*
Hmotnost	-0,12	-0,11	-0,17	-0,13	-0,14	-0,29*	-0,26*	-0,14
Výška	-0,14	-0,15	-0,25*	-0,16	-0,20	-0,29*	-0,31*	-0,14
BMI	-0,07	-0,06	-0,07	-0,07	-0,06	-0,22	-0,15	-0,09
Tuk (%)	-0,03	0,00	0,03	-0,01	0,04	-0,13	-0,04	-0,05
FFM	-0,13	-0,12	-0,20	-0,14	-0,16	-0,31*	-0,28*	-0,15

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, BMI – index tělesné plnosti, FFM – množství tukuprosté hmoty, * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 19

Korelační analýza mezi somatickými faktory a věkem a parametry stability ve stoji na jedné noze u dívek (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	Dominantní noha				Nedominantní noha			
	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Věk	-0,43*	-0,30*	-0,46*	-0,41*	-0,25*	-0,15	-0,29*	-0,32*
Hmotnost	-0,28*	-0,29*	-0,24	-0,22	-0,17	-0,11	-0,04	-0,13
Výška	-0,40*	-0,29*	-0,40*	-0,35*	-0,26*	-0,14	-0,19	-0,22
BMI	-0,07	-0,15	0,00	-0,00	-0,06	-0,09	0,06	-0,05
Tuk (%)	-0,16	-0,26*	-0,07	-0,09	-0,12	-0,05	0,11	-0,02
FFM	-0,30*	-0,28*	-0,27*	-0,24	-0,19	-0,14	-0,10	-0,17

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, BMI – index tělesné plnosti, FFM – množství tukuprosté hmoty, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Ve stoji na dominantní noze je hlavním a výrazným ovlivňujícím faktorem u chlapců věk. Koeficienty determinace ukazují, že ve stoji na dominantní noze byla u chlapců ovlivněna směrodatná odchylka výkyvů v bočním směru (SD X) věkem ze 14%, směrodatná odchylka výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 9%, rychlost COP z 25% a SD rychlosti COP z 15%. Výška u chlapců ve stoji na dominantní noze ovlivnila rychlost COP z 6%.

U dívek ve stoji na dominantní noze se signifikantních vztahů objevilo více. Věk ovlivnil směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) z 18%, směrodatnou odchylku výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 9%, rychlost COP z 21% a SD rychlosti COP ze 17%. Hmotnost ovlivnila směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) a předozadním směru (SD Y) z 8%. Výška ovlivnila směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) z 16%, směrodatnou odchylku výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 8%, rychlost COP ze 16% a SD rychlosti COP z 12%. Procento tuku ovlivnilo směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) z 6%. FFM ovlivnilo směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) z 9%, odchylku v předozadním směru (SD Y) z 28% a rychlost COP ze 7%.

U nedominantní nohy bylo nalezeno větší množství signifikantních vztahů u chlapců a méně u dívek. U chlapců věk ovlivnil SD X z 15%, SD Y ze 17%, rychlost COP z 23% a SD rychlosti COP ze 14%. Hmotnost ovlivnila SD Y z 8% a rychlost COP ze 7%. Výška ovlivnila SD Y z 8% a rychlost COP z 10%. FFM ovlivnilo SD Y z 10% a rychlost COP z 8%.

U dívek ve stoji na nedominantní noze měl signifikantní vliv pouze věk, který ovlivnil SD X ze 6%, rychlost COP z 8% a SD rychlosti z 10%, a výška, která ovlivnila SD X ze 7%.

Tabulky 20 a 21 obsahují parciální korelační koeficienty věku, hmotnosti a výšky s parametry stability ve stoji na dominantní noze u chlapců a dívek.

Tabulka 20

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji na dominantní noze u chlapců (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,38*	-0,09	0,21
SD Y	-0,29*	-0,05	0,10
Rychlost COP	-0,48*	-0,06	0,17
SD rychlosti	-0,39*	-0,08	0,19

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 21

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji na dominantní noze u dívek (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,21	0,01	-0,07
SD Y	-0,19	-0,15	0,06
Rychlost COP	-0,32*	0,02	-0,03
SD rychlosti	-0,27*	0,02	-0,04

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Po vyloučení vlivu hmotnosti a výšky byl prokázán statisticky významný vztah věku ke všem parametrům stability u chlapců. Koeficienty determinace ukázaly, že věk ovlivnil směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) ze 14%, směrodatnou odchylku výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 8%, rychlost COP z 22% a SD rychlosti COP z 15%.

U dívek byla ve stoji na dominantní noze významně ovlivněna rychlost COP a SD rychlosti COP věkem. Rychlost COP z 10% a SD rychlosti COP ze 7%.

Tabulky 22 a 23 obsahují parciální korelační koeficienty věku, hmotnosti a výšky s parametry stability ve stoji na nedominantní noze u chlapců a dívek.

Tabulka 22

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji na nedominantní noze u chlapců (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,36*	-0,05	0,12
SD Y	-0,33*	-0,18	0,13
Rychlost COP	-0,40*	-0,11	0,11
SD rychlosti	-0,41*	-0,14	0,23*

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 143

Vztah věku, hmotnosti a výšky k parametrům posturální stability ve stoji na nedominantní noze u dívek (Parciální koeficient korelace)

Parametr	Věk	Hmotnost	Výška
SD X	-0,10	0,03	-0,07
SD Y	-0,14	-0,04	0,02
Rychlost COP	-0,28*	0,08	-0,01
SD rychlosti	-0,31*	-0,03	0,08

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Po vyloučení vlivu hmotnosti a výšky se prokázal statisticky významný vztah věku ke všem parametrům stability ve stoji na nedominantní noze u chlapců. Věk ovlivnil směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) z 13%, směrodatnou odchylku výkyvů v předozadním směru (SD Y) z 11%, rychlost COP z 16% a SD rychlosti COP z 16%. Dále potvrzujeme signifikantní vliv výšky na SD rychlosti COP. Výška ovlivnila tento parametr z 5%. Koeficient korelace byl kladný, se vzrůstající výškou narůstala velikost parametru SD rychlosti.

U dívek potvrzujeme ve stoji na nedominantní noze významný vztah věku k rychlosti COP a SD rychlosti COP. Věk ovlivnil rychlost COP z 8% a SD rychlosti COP z 10%.

3.3.8 Stabilita a množství tělesného tuku

Sledovaný soubor dětí jsme rozdělili podle procenta tělesného tuku (Bunc, 2000a) na skupiny s nadprůměrným, mírně nadprůměrným, průměrným a podprůměrným množstvím tělesného tuku. Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle množství tuku obsahuje tabulka 24.

Tabulka 24

Hodnocení statistické významnosti rozdílů mezi skupinami rozdělenými podle % tělesného tuku (Kruskal-Wallisův test)

Parametr	Podm.	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
SD X	OO	331	879	6411	2675	1,995	0,574
SD Y		404	973	6393	2526	1,244	0,742
Rychlost COP		439	848	6352	2657	2,993	0,393
SD rychlosti		403	960	6514	2419	2,423	0,489
SD X	OZ	337	1093	6516	2350	2,332	0,506
SD Y		385	1066	6236	2609	0,141	0,987
Rychlost COP		425	980	6355	2536	1,319	0,725
SD rychlosti		403	1073	6318	2502	0,738	0,864
SD X	DOM	272	992	6341	2548	1,754	0,625
SD Y		332	932	6192	2697	0,988	0,804
Rychlost COP		371	1048	6238	2496	0,581	0,901
SD rychlosti		359	981	6159	2654	0,377	0,945
SD X	NED	322	1014	6278	2539	0,744	0,863
SD Y		339	862	6372	2580	2,458	0,483
Rychlost COP		419	996	6318	2420	1,892	0,595
SD rychlosti		372	1003	6320	2458	1,186	0,757

*Legenda: OO – stoj s očima otevřenýma, OZ – stoj s očima zavřenýma, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – nadprůměrné množství tuku (n = 5), skupina 2 – mírně nadprůměrné množství tuku (n = 15), skupina 3 – průměrné množství tuku (n = 86), skupina 4 – podprůměrné množství tuku (n = 37), H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$*

U žádného parametru stability se neprokázaly statisticky významné rozdíly mezi skupinami dětí rozdělených podle procenta tělesného tuku ve stoji s očima otevřenýma, ve stoji s očima zavřenýma, stoji na dominantní noze ani ve stoji na nedominantní noze.

3.3.9 Stabilita a výsledky v motorických testech

Tabulky 25 a 26 obsahují vztahovou analýzu mezi výsledky motorických testů a parametry stability naměřenými ve stoji s otevřenými očima u chlapců a dívek.

Tabulka 25

Korelační analýza mezi výsledky v motorických testech a parametry stability ve stoji s otevřenými očima u chlapců (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Člunkový běh	0,24*	0,12	0,14	0,12
Skok do dálky	-0,14	-0,10	-0,14	-0,11
Výdrž ve shybu	-0,02	0,05	0,05	0,06
Předklon	-0,06	-0,03	-0,07	-0,04
Výstupy	-0,19	-0,20	-0,26*	-0,21

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 15

Korelační analýza mezi výsledky v motorických testech a parametry stability ve stoji s otevřenými očima u dívek (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Člunkový běh	-0,02	-0,03	0,11	0,05
Skok do dálky	0,02	0,06	-0,07	0,03
Výdrž ve shybu	0,20	0,01	0,13	0,14
Předklon	-0,11	0,00	-0,11	-0,11
Výstupy	-0,15	0,04	-0,13	-0,14

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Statisticky významnou závislost potvrzujeme ve stoji s otevřenými očima ve dvou případech u chlapců: výsledek v testu člunkový běh je ve vztahu k velikosti směrodatné odchylky výkyvů v bočním směru (SD X) a test výstupy je ve vztahu k rychlosti COP ve stoji s otevřenými očima. Na základě výpočtu koeficientu determinace ovlivňuje SD X výsledek v člunkovém běhu ze 6% a rychlost COP ze 7% ovlivňuje výsledek v modifikovaném step testu (test výstupy). U dívek se neprojevila statisticky významná závislost parametrů stability na výsledcích v motorických testech.

Tabulky 27 a 28 obsahují vztahovou analýzu mezi výsledky motorických testů a parametry stability naměřenými ve stoji se zavřenými očima u chlapců a dívek.

Tabulka 16

**Korelační analýza mezi výsledky v motorických testech a parametry stability ve stoji se zavřenými očima u chlapců
(Pearsonův koeficient součinné korelace)**

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Člunkový běh	0,17	0,14	0,20	0,24*
Skok do dálky	-0,10	-0,07	-0,09	-0,11
Výdrž ve shybu	-0,05	0,03	-0,04	-0,02
Předklon	-0,03	-0,03	-0,05	-0,01
Výstupy	-0,19	-0,06	-0,21	-0,22

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylna výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylna výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylna rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 28

**Korelační analýza mezi výsledky v motorických testech a parametry stability ve stoji se zavřenými očima u dívek
(Pearsonův koeficient součinné korelace)**

	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Člunkový běh	0,04	0,01	0,06	0,11
Skok do dálky	0,11	0,08	0,08	0,03
Výdrž ve shybu	0,05	-0,08	0,02	0,02
Předklon	-0,04	-0,07	-0,08	-0,08
Výstupy	-0,01	0,18	0,04	-0,05

*Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylna výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylna výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylna rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Prokázal se statisticky významný vztah testu člunkový běh k SD rychlosti COP u chlapců ve stoji se zavřenými očima. Výsledek v člunkovém běhu byl ovlivněn velikostí směrodatné odchylny rychlosti COP ze 6%. U dívek jsme nenalezli žádné statisticky významné vztahy.

Tabulky 29 a 30 obsahují vztahovou analýzu mezi výsledky motorických testů a parametry stability naměřenými ve stoji na jedné noze u chlapců a dívek.

Tabulka 29

Korelační analýza mezi výsledky v motorických testech a parametry stability ve stoji na jedné noze u chlapců (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	Dominantní noha				Nedominantní noha			
	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Člunkový běh	0,10	0,13	0,23	0,11	0,31*	0,30*	0,34*	0,19
Skok do dálky	-0,15	-0,13	-0,18	-0,13	-0,21	-0,25*	-0,33*	-0,22
Výdrž ve shybu	-0,07	-0,11	-0,11	-0,05	-0,19	-0,13	-0,11	-0,12
Předklon	-0,03	-0,02	-0,03	-0,01	0,00	-0,09	-0,10	-0,03
Výstupy	-0,46*	-0,41*	-0,52*	-0,45*	-0,57*	-0,47*	-0,46*	-0,44*

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 30

Korelační analýza mezi výsledky v motorických testech a parametry stability ve stoji na jedné noze u dívek (Pearsonův koeficient součinné korelace)

	Dominantní noha				Nedominantní noha			
	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti	SD X	SD Y	Rychlost COP	SD rychlosti
Člunkový běh	0,24	0,19	0,33*	0,38*	0,12	0,16	0,31*	0,24
Skok do dálky	-0,23	-0,17	-0,20	-0,21	-0,02	-0,03	-0,15	-0,08
Výdrž ve shybu	-0,02	0,16	0,01	0,04	0,05	0,12	-0,03	0,01
Předklon	-0,19	-0,15	-0,09	-0,13	-0,03	-0,02	-0,11	-0,12
Výstupy	-0,13	-0,11	-0,16	-0,16	-0,08	-0,02	-0,19	-0,24

Vysvětlivky: SD X – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v bočním směru, SD Y – směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice v předozadním směru, Rychlost COP – průměrná rychlost COP, SD rychlosti – směrodatná odchylka rychlosti COP, * statisticky významné na $p < 0,05$

Více statisticky významných vztahů se projevilo ve stoji na jedné noze u chlapců. Prokázal se kladný vztah směrodatné odchylky výkyvů v obou směrech (SD X a SD Y) a rychlosti COP ve stoji na nedominantní noze k výsledku v testu člunkový běh. Výpočet koeficientu determinace nám umožňuje vyjádřit věcnou významnost tohoto ovlivnění. Výsledek v testu člunkový běh byl ovlivněn směrodatnou odchylkou výkyvů v bočním směru (SD X) ve stoji na nedominantní noze z 10%, směrodatnou odchylkou výkyvů v předozadním směru z 9% a rychlostí COP z 12%. Skok do dálky z místa negativně koreloval se směrodatnou odchylkou předozadních výkyvů (SD Y), která jej ovlivnila z 6%, a s rychlostí COP ve stoji na nedominantní noze, která jej ovlivnila z 11%. Test výstupy koreloval negativně se všemi

parametry stability ve stoji na dominantní i nedominantní noze. Výsledek v tomto testu byl ovlivněn parametry stability ve stoji na dominantní noze, konkrétně SD X z 21%, SD Y ze 17%, rychlostí COP z 27% a SD rychlosti COP z 20%. Ve stoji na nedominantní noze ovlivnila SD X výsledek v tomto testu z 32%, SD Y z 22%, rychlost COP z 21% a SD rychlosti COP z 19%.

U dívek byl jediným testem, který byl ve statisticky významném vztahu k některým parametrům stability ve stoji na jedné noze, člunkový běh, který byl ovlivněn rychlostí COP ve stoji na dominantní noze z 11%, SD rychlosti COP ve stoji na dominantní noze ze 14% a rychlost COP ve stoji na nedominantní noze z 10%.

U motorických testů, které prokázaly v korelační analýze statisticky významný vztah k některým parametrům stability, jsme provedli porovnání parametrů posturální stability u skupin dětí, rozdělených podle výkonnosti v testu.

Porovnání parametrů stability u skupin rozdělených podle výsledku v testu člunkový běh obsahuje tabulka 31. Žáci byli rozděleni do čtyř skupin podle standardů motorické výkonnosti pro chlapce a děvčata ve věku 6 -14 let (Bunc, 2000a). Skupiny jsme označili následovně: podprůměrný, mírně podprůměrný, mírně nadprůměrný, nadprůměrný.

Tabulka 31

Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle výsledku v testu člunkový běh (Kruskal-Wallisův test)

Podmínky	Parametr	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
OO	SD X	1560	4011	4449	420	0,414	0,937
	SD Y	1532	3958	4507	443	0,307	0,959
	Rychlost COP	1591	4136	4210	503	1,826	0,609
	SD rychlosti	1553	3929	4524	434	0,489	0,921
OZ	SD X	1472	4022	4515	431	0,034	0,998
	SD Y	1639	4138	4281	382	1,782	0,619
	Rychlost COP	1561	4270	4158	451	1,884	0,597
	SD rychlosti	1551	4342	4148	399	2,350	0,503
DOM	SD X	1415	4206	4332	343	1,593	0,661
	SD Y	1500	4270	4166	360	2,461	0,482
	Rychlost COP	1513	4601	3917	265	10,030	0,018*
	SD rychlosti	1512	4520	4018	246	8,704	0,034*
NED	SD X	1569	4513	4008	206	10,640	0,014*
	SD Y	1690	4184	4100	322	4,773	0,189
	Rychlost COP	1609	4564	3920	203	12,573	0,006*
	SD rychlosti	1616	4455	4013	212	10,111	0,018*

Legenda: OO – stoj s očima otevřenými, OZ – stoj s očima zavřenými, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – podprůměrný výsledek ($n = 20$), skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek ($n = 56$), skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek ($n = 62$), 4 – nadprůměrný výsledek ($n = 6$), H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$

Nulovou hypotézu o stejných mediánech zamítáme u rychlosti COP i SD rychlosti ve stoji jednož (na dominantní i nedominantní noze) a u SD X ve stoji na nedominantní noze. Mediánový test potvrdil statisticky významné rozdíly mezi skupinami u SD rychlosti ve stoji na dominantní noze a u rychlosti COP, SD rychlosti a SD X ve stoji na nedominantní noze. U těchto parametrů ukázal u skupin 1 a 2 s podprůměrným a mírně podprůměrným výsledkem v člunkovém běhu vyšší výskyt hodnot nad úrovní mediánu, než by se dalo očekávat, a u skupiny 3 a 4 (mírně nadprůměrný a nadprůměrný) naopak nižší výskyt hodnot nad úrovní mediánu, než by se dalo očekávat. Mediánový test jmenovaných parametrů stability je uveden v příloze V. v tabulkách 18-22.

Porovnání parametrů stability u skupin rozdělených podle výsledku v testu skok do dálky z místa obsahuje tabulka 32. Podle výsledku v testu skok do dálky z místa jsme žáky rozdělili do skupin s podprůměrným, mírně podprůměrným, průměrným až mírně nadprůměrným výsledkem a nadprůměrným výsledkem. Jako standardy motorické výkonnosti byly použity tabulky podle Bunce (2000a).

Tabulka 32

Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle výsledku v testu skok daleký z místa (Kruskal-Wallisův test)

Podmínky	Parametr	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
OO	SD X	3700	3083	2988	382	1,649	0,648
	SD Y	3790	3076	2893	394	2,066	0,559
	Rychlost COP	3847	2973	2985	348	1,583	0,663
	SD rychlosti	3847	2991	3003	312	1,036	0,792
OZ	SD X	3809	2860	3079	405	4,178	0,243
	SD Y	4118	2440	3231	364	11,948	0,008*
	Rychlost COP	3774	2800	3182	397	5,049	0,168
	SD rychlosti	3770	2787	3198	398	5,341	0,149
DOM	SD X	3850	3137	2651	373	2,465	0,482
	SD Y	3853	3188	2616	354	2,361	0,501
	Rychlost COP	3633	3240	2841	297	0,320	0,956
	SD rychlosti	3672	3244	2807	288	0,361	0,948
NED	SD X	3756	3263	2701	291	0,962	0,810
	SD Y	3602	3054	3013	342	0,816	0,846
	Rychlost COP	3725	3318	2746	222	1,499	0,682
	SD rychlosti	3659	3353	2762	237	1,382	0,710

*Legenda: OO – stoj s očima otevřenýma, OZ – stoj s očima zavřenýma, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – podprůměrný výsledek (n = 20), skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek (n = 56), skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek (n = 62), 4 – nadprůměrný výsledek (n = 6), H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Statistické rozdíly mezi skupinami potvrzujeme u parametru směrodatná odchylka výkyvů v předozadním směru (SD Y) ve stoji se zavřenýma očima, mediánový test neprokázal, že by s lepší výkonností v testu klesal parametr SD Y ve stoji se zavřenýma očima (příloha V., tabulka 23). U ostatních parametrů nelze zamítnout nulovou hypotézu o shodnosti mediánů.

Porovnání parametrů stability u skupin rozdělených podle výkonnosti v testu výstupy obsahuje tabulka 33. Podle výsledku v testu výstupy (modifikovaný step test) jsme vytvořili

skupiny s podprůměrným, mírně podprůměrným, průměrným až mírně nadprůměrným a nadprůměrným výsledkem. Srovnávací data tohoto testu pro populaci nejsou dostupná, proto jsme vycházeli z průměru a směrodatné odchylky pro jednotlivé věkové skupiny u našeho souboru.

Tabulka 33

Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle výsledku v testu výstupy (Kruskal-Wallisův test)

Podmínky	Parametr	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
OO	SD X	1848	3541	2866	2041	1,901	0,593
	SD Y	1919	3541	2990	1846	0,081	0,994
	Rychlost COP	1802	3613	2926	1955	1,214	0,750
	SD rychlosti	1748	3550	3073	1925	1,232	0,745
OZ	SD X	1684	3789	2895	1928	2,882	0,410
	SD Y	1917	3640	2730	2009	2,382	0,497
	Rychlost COP	1713	3700	2837	2046	3,399	0,334
	SD rychlosti	1751	3671	2804	2070	3,418	0,332
DOM	SD X	1730	3655	3079	1689	1,256	0,740
	SD Y	1904	3525	3021	1703	0,030	0,999
	Rychlost COP	1689	3711	3141	1612	2,330	0,507
	SD rychlosti	1660	3717	3172	1604	2,862	0,413
NED	SD X	1945	3691	3023	1494	1,648	0,649
	SD Y	1920	3533	2891	1809	0,402	0,940
	Rychlost COP	1779	3780	3113	1481	2,954	0,399
	SD rychlosti	1855	3817	2981	1500	2,466	0,482

Legenda: OO – stoj s očima otevřenými, OZ – stoj s očima zavřenými, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – podprůměrný výsledek ($n = 27$), skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek ($n = 49$), skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek ($n = 42$), 4 – nadprůměrný výsledek ($n = 24$), H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$

Ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v testu výstupy nebyly patrné rozdíly ve stabilitě.

3.3.10 Stabilita a množství pohybové aktivity

Děti byly zařazeny do skupin podle počtu minut, které věnují pohybové aktivitě týdně. Jako kategorie byly stanoveny: 0 min/týden, 60 min/týden, 120 min/týden a 180 a více min/týden.

Pro posouzení rozdílů ve stabilitě mezi skupinami s různým množstvím pohybové aktivity

jsme použili Kruskal-Wallisův test, kterým ověřujeme předpoklad, že měření v různých skupinách mají stejné mediány. Zapojení do pohybové aktivity roste s věkem, proto jsme hodnotili zvláště jednotlivé věkové kategorie. Z důvodu větší četnosti jsme sloučili sedmileté děti s osmiletými a desetileté s jedenáctiletými.

Tabulka 34 obsahuje statistické porovnání parametrů stability ve skupinách rozdělených podle týdenního množství pohybové aktivity u sedmiletých a osmiletých dětí, tabulka 35 u devítiletých a tabulka 36 u deseti a jedenáctiletých.

Tabulka 34

Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle množství pohybové aktivity u 7-8letých (Kruskal-Wallisův test)

Podmínky	Parametr	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
OO	SD X	212	180	277	277	1,899	0,594
	SD Y	231	176	281	258	3,255	0,354
	Rychlost COP	207	208	311	220	5,019	0,170
	SD rychlosti	199	209	326	212	6,818	0,078
OZ	SD X	197	184	271	294	1,339	0,720
	SD Y	180	207	250	309	0,631	0,889
	Rychlost COP	192	210	250	294	0,157	0,984
	SD rychlosti	187	213	262	284	0,349	0,951
DOM	SD X	208	161	272	262	4,408	0,221
	SD Y	200	195	258	250	1,970	0,579
	Rychlost COP	154	220	262	267	2,716	0,437
	SD rychlosti	177	210	255	261	1,456	0,693
NED	SD X	216	223	234	230	1,909	0,592
	SD Y	211	212	235	245	1,106	0,776
	Rychlost COP	199	237	240	227	2,168	0,538
	SD rychlosti	200	212	253	238	1,877	0,598

*Legenda: OO – stoj s očima otevřenými, OZ – stoj s očima zavřenými, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – 0 minut pohybové aktivity za týden, skupina 2 – 60 minut pohybové aktivity za týden, skupina 3 – 120 minut pohybové aktivity za týden, skupina 4 – 180 a více minut pohybové aktivity za týden, H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$*

U dětí ve věku 7 a 8 let nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu (na hladině $p < 0,05$) o shodě středních hodnot. Nepotvrzujeme rozdíly mezi skupinami ve stabilitě.

Tabulka 35

Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle množství pohybové aktivity u 9letých (Kruskal-Wallisův test)

Podmínky	Parametr	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
OO	SD X	464	80	199	203	11,767	0,008*
	SD Y	416	94	177	259	5,901	0,117
	Rychlost COP	403	127	181	235	5,210	0,157
	SD rychlosti	414	108	185	239	5,192	0,158
OZ	SD X	396	89	216	245	2,982	0,394
	SD Y	408	66	210	262	5,621	0,132
	Rychlost COP	376	120	193	257	2,432	0,488
	SD rychlosti	377	110	188	271	2,641	0,450
DOM	SD X	399	133	195	219	5,028	0,170
	SD Y	370	126	218	232	1,875	0,600
	Rychlost COP	361	141	193	251	3,099	0,377
	SD rychlosti	374	148	197	227	4,541	0,209
NED	SD X	350	151	251	194	4,938	0,176
	SD Y	356	156	242	192	5,710	0,127
	Rychlost COP	371	141	241	193	4,595	0,204
	SD rychlosti	381	138	251	176	6,234	0,101

*Legenda: OO – stoj s očima otevřenými, OZ – stoj s očima zavřenými, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – 0 minut pohybové aktivity za týden, skupina 2 – 60 minut pohybové aktivity za týden, skupina 3 – 120 minut pohybové aktivity za týden, skupina 4 – 180 a více minut pohybové aktivity za týden, H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$*

Nulovou hypotézu o shodě středních hodnot nepotvrzujeme u parametru směrodatná odchylka bočních výkyvů (SD X) ve stoji s očima otevřenými ve skupině devítiletých. Tento parametr se liší ve skupinách rozdělených podle pohybové aktivity. Mediánový test potvrdil vyšší výskyt hodnot nad úrovní mediánu, než by se dalo očekávat u skupiny s nulovou pohybovou aktivitou, a menší výskyt hodnot nad úrovní mediánu, než by se dalo očekávat u skupin s pohybovou aktivitou 120 a více minut/týdně (příloha V., tabulka 24).

Tabulka 17

Hodnocení statistické významnosti rozdílů v parametrech stability mezi skupinami rozdělenými podle množství pohybové aktivity u 10-11letých (Kruskal-Wallisův test)

Podmínky	Parametr	Součet pořadí skupiny 1	Součet pořadí skupiny 2	Součet pořadí skupiny 3	Součet pořadí skupiny 4	H	p
OO	SD X	197	186	336	712	0,497	0,920
	SD Y	219	204	273	735	2,706	0,439
	Rychlost COP	234	205	296	696	1,373	0,712
	SD rychlosti	223	185	332	691	0,195	0,979
OZ	SD X	231	132	315	753	3,502	0,321
	SD Y	197	164	372	698	0,795	0,851
	Rychlost COP	205	172	298	756	2,243	0,524
	SD rychlosti	180	164	332	755	2,243	0,524
DOM	SD X	178	190	399	664	1,521	0,678
	SD Y	231	137	376	687	1,963	0,580
	Rychlost COP	188	206	393	644	1,314	0,726
	SD rychlosti	202	186	414	629	1,743	0,627
NED	SD X	156	238	351	686	3,345	0,341
	SD Y	184	158	364	725	1,586	0,663
	Rychlost COP	188	192	382	669	0,732	0,866
	SD rychlosti	164	190	389	688	1,912	0,591

*Legenda: OO – stoj s očima otevřenýma, OZ – stoj s očima zavřenýma, DOM – stoj na dominantní noze, NED – stoj na nedominantní noze, skupina 1 – 0 minut pohybové aktivity za týden, skupina 2 – 60 minut pohybové aktivity za týden, skupina 3 – 120 minut pohybové aktivity za týden, skupina 4 – 180 a více minut pohybové aktivity za týden, H – kritická hodnota testovacího kritéria Kruskal-Wallisova testu, p – minimální hladina významnosti, pro kterou lze zamítnout H_0 o shodě středních hodnot, * statisticky významné na $p < 0,05$*

U dětí ve věku 10 a 11 let nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu (na hladině $p < 0,05$) o shodě středních hodnot. Nepotvrzujeme rozdíly mezi skupinami ve stabilitě.

3.3.11 Diskuse k výsledkům posturální stability

Výsledky měření posturální stability ve stoji s otevřenými očima, ve stoji se zavřenými očima a ve stoji na jedné noze vykazují velkou interindividuální variabilitu. Ve všech věkových kategoriích jsme zjistili vysoké směrodatné odchylky. Tato velká variabilita měla tendenci klesat s věkem, ale i v nejstarších věkových kategoriích byla značná. Na velkou variabilitu měření upozorňují již Kapteyt et al. (1983), kteří uvádějí, že velké interindividuální rozdíly a vysoké směrodatné odchylky stabilometrických parametrů u zdravých subjektů vylučují přesné definování norem. Z tohoto důvodu normy pro dětskou populaci neexistují s výjimkou norem, které nabízejí posturografické systémy v rutinní diagnostice (Míková, 2006). Jsme si vědomi možných nepřesností při vyhodnocování naměřených hodnot pomocí průměrů v jednotlivých věkových kategoriích, ale domníváme se, že pro zachycení vývojového trendu jsou získaná data dostačující.

Z výsledků vyplývá, že ve stoji s otevřenými očima má směrodatná odchylka výkyvů ve směru bočním (SD X) a předozadním (SD Y) u chlapců i dívek mezi 7. a 11. rokem tendenci klesat. Potvrzujeme poznatky z literatury, že v období mladšího školního věku se snižuje velikost výchylek ve stoji s otevřenými očima (Peeters et al., 1984, Kirschenbaum et al., 2001). Pokles průměrných hodnot jsme nezaznamenali pouze u směrodatné odchylky bočních a předozadních výkyvů (SD X a SD Y) u dívek mezi devátým a desátým rokem a u směrodatné odchylky výkyvů v bočním směru (SD X) u chlapců mezi desátým a jedenáctým rokem. Velikost směrodatných odchylek výkyvů v bočním a předozadním směru (SD X a SD Y) vykazuje u dívek tendenci klesat až do devátého roku věku, poté se objevuje tendence ke stagnaci nebo mírnému nárůstu. U chlapců pokračuje trend poklesu velikosti směrodatných odchylek výkyvů v obou směrech (SD X i SD Y) až do desíti let, poté má velikost směrodatné odchylky bočních výkyvů (SD X) tendenci stoupat. Směrodatná odchylka výkyvů v předozadním směru (SD Y) pokračuje v sestupné tendenci.

Ve stoji se zavřenými očima se u průměrné velikosti směrodatné odchylky výkyvů v bočním směru (SD X) objevil podobný trend jako ve stoji s očima otevřenými. Zaznamenali jsme plynulé snižování průměrných hodnot ve velikosti směrodatných odchylek výkyvů v bočním směru od věkové kategorie 7 let k věkové kategorii 11 let u chlapců, u dívek je od devíti let patrná tendence k mírnému vzestupu do deseti let poté pokračuje pokles, který však není výrazný. Parametr SD Y, tedy směrodatná odchylka výkyvů v předozadním směru vykazovala

odlišný vývoj. U osmiletých došlo ke zvýšení tohoto parametru a až od této věkové skupiny nastává pokles. Nárůst ve velikosti výkyvů v předozadním směru po sedmém roce věku může poukazovat na existenci přechodné fáze ve vývoji rovnováhy v období 6 - 8 let, na kterou upozorňuje více autorů (Riach, Starkes, 1994, Hay et al., 1999, Kirschenbaum et al., 2001, Rival et al., 2005, Vařeka, 2002a) a která může znamenat změnu od jedné strategie řízení kontroly (balistické) k druhé založené na přesnosti. Od deseti let je zřetelný trend vyrovnávání velikosti výkyvů ve stoji se zavřenými očima u dívek a u chlapců. V deseti a jedenácti letech jsou rozdíly ve velikosti výkyvů mezi chlapci a dívkami minimální. Zajímavé je, že ve stoji s očima otevřenými se u desetiletých dívek objevila tendence k vyšším průměrným hodnotám směrodatných odchylek výkyvů v obou směrech (SD X i SD Y) než u chlapců. Ve stoji se zavřenými očima jsme tuto tendenci nepozorovali, naopak zde měly dívky tyto hodnoty nižší. Důvodem, proč měla děvčata ve stoji se zavřenými očima tyto hodnoty nižší, by možná mohla být větší zralost rovnovážného systému u dívek a lepší integrace vjemů z vestibulárního a somatosenzorického systému při vyloučení zrakové kontroly, jako uvádí Riach, Starkes (1994), nebo prostě jen lepší schopnost dívek se soustředit.

Na základě stanovení statistické významnosti rozdílů průměrných hodnot směrodatných odchylek výkyvů ve stoji s otevřenými očima u chlapců a dívek usuzujeme na nižší hodnoty výkyvů v bočním i předozadním směru u dívek. Tendence k nižším hodnotám jsme pozorovali u průměrných hodnot sedmi až jedenáctiletých dívek. Ve věkových skupinách chlapců a dívek byl nejzřetelnější rozdíl v devíti letech, ale i v sedmi a osmi letech vykazují dívky tendenci k souvisle nižším hodnotám směrodatných odchylek výkyvů v obou směrech. Od deseti let nemůžeme hovořit o zřetelném trendu k nižším hodnotám výkyvů ani u chlapců, ani u dívek. Podobně Nolan et al. (2005) zaznamenali statistické rozdíly ve velikosti bočních výkyvů COP ve stoji s otevřenými očima mezi chlapci a dívkami ve věku 9 až 10 let. Ve výkyvech v předozadním směru Nolan et al. (2005) rozdíly mezi chlapci a dívkami nepotvrzují, což se od našich výsledků liší.

Ve stoji se zavřenými očima potvrzujeme souvisle nižší hodnoty u dívek ve všech věkových kategoriích. Zřetelnější jsou rozdíly v parametru SD X (směrodatná odchylka bočních výkyvů). Tyto rozdíly mají tendenci se po devátém roce věku zmenšovat. Ve věkových kategoriích deset a jedenáct let je tendence k nižším hodnotám u dívek nevýrazná a domníváme se, že nelze usuzovat na menší velikosti výkyvů v bočním ani předozadním směru u dívek oproti chlapcům v těchto věkových kategoriích.

Rychlost COP má tendenci u chlapců a dívek ve stoji s očima otevřenými i zavřenými mezi 7. a 11. rokem klesat, což je v souladu s literaturou (Hytönen et al., 1993, Riach, Starkes, 1994, Wolf et al., 1998, Kirschenbaum et al., 2001, Vařeka, 2002a). Pouze u dívek mezi devíti a desíti lety jsme zaznamenali mírnou tendenci k nárůstu rychlosti COP a směrodatné odchylky rychlosti COP ve stoji s očima otevřenými i zavřenými. Rychlost COP u dívek má zřetelnou tendenci výrazně klesat do devíti let, po devátém roce již není tendence ke snižování rychlosti evidentní. U chlapců pokračuje trend snižování rychlosti výkyvů do desíti let ve stoji s očima otevřenými a do jedenácti ve stoji s očima zavřenými.

Rychlost COP ve stoji s očima otevřenými i zavřenými má tendenci být celkově nižší u dívek, pouze v deseti letech jsme pozorovali u dívek tendenci k dočasnému zvýšení rychlosti COP. Největší rozdíly v rychlosti COP mezi chlapci a dívkami jsou patrné v osmi a devíti letech ve stoji s očima otevřenými a v devíti letech ve stoji s očima zavřenými.

Vlivu pohlaví na posturální stabilitu se v minulosti věnovalo několik prací (Demura et al., 2006, Geldhof et al., 2006, Nolan et al., 2005, Riach, Hayes, 1987). Vliv pohlaví a rozdíly mezi chlapci a dívkami nejsou v každém období stejné a rozdíl je také ovlivněn přítomností a nepřítomností zrakové kontroly. V naší studii se největší rozdíly mezi chlapci a dívkami objevily v devíti letech. Vysvětlovat to může skutečnost, že chlapci mohou být oproti dívkám mírně opožděni ve vývoji vestibulárního systému a že dívky vykazují „vyspělejší“ posturální kontrolu (kombinaci open-loop a closed-loop strategií) podobnou dospělým o několik let dříve než chlapci (Mlíka, 2008).

Směrodatné odchylky výkyvů ve stoji na jedné noze mají mezi 7. a 11. rokem věku tendenci k poklesu. Pokles velikosti směrodatných odchylek výkyvů v bočním a předozadním směru (SD X a SD Y) ve stoji na dominantní noze je u chlapců nejvýraznější mezi 7. a 8. rokem. U dívek není tendence k poklesu velikosti směrodatných odchylek výkyvů mezi sedmým a osmým rokem tak výrazná. Zdá se, že chlapci nemají v sedmi letech ještě zvládnutou dovednost stoje na jedné noze, zatímco u děvčat stejného věku je již tato dovednost osvojená. Později se u chlapců objevuje tendence ke stagnaci nebo nárůstu směrodatných odchylek výkyvů, a to u chlapců mezi 8 a 9 lety a 10 a 11 lety. U děvčat pokračuje pokles až do jedenácti let. Ve stoji na nedominantní noze jsme pozorovali tendenci ke stagnaci nebo mírnému nárůstu velikosti směrodatných odchylek výkyvů u chlapců i dívek mezi 8 a 9 lety a mezi 10 a 11 lety.

Rychlost COP u chlapců a dívek má tendenci se s věkem ve stoji na dominantní i nedominantní noze snižovat. Ve stoji na dominantní noze je pokles nejvýraznější mezi 7 a 8 lety u chlapců a dívek. Poté je pokles plynulý, pouze u chlapců mezi 10. a 11. rokem rychlost výkyvů na dominantní noze mírně stoupá. Ve stoji na nedominantní noze trvá výrazný pokles až do věku deseti let u chlapců i dívek, pouze u chlapců se objevil nárůst mezi 8. a 9. rokem. Od deseti let hodnoty neklesají ani u chlapců, ani u dívek.

Ve stoji jednož dosahovaly většinou nižších směrodatných odchylek výkyvů dívky. Celkově byly významně nižší směrodatné odchylky výkyvů v bočním i předozadním směru (SD X a SD Y) u dívek ve stoji na dominantní noze. Usuzujeme, že dívky mají ve stoji na dominantní noze menší výkyvy COP v bočním i předozadním směru. Tendence k nižším výkyvům COP u dívek je ve stoji na dominantní noze výrazná, nejzřetelnější je v devíti letech u bočních výkyvů a v jedenácti letech u bočních i předozadních výkyvů. Ve stoji na nedominantní noze se objevila tendence k nárůstu velikosti výkyvů u chlapců a dívek od deseti let. Do devíti let je zřetelná tendence dívek k nižším výkyvům v bočním i předozadním směru. V deseti letech a jedenácti letech jsou hodnoty výkyvů u chlapců a dívek vyrovnané.

Rychlost COP ve stoji na jedné noze měla tendenci být celkově vyšší u chlapců. Největší rozdíl byl v devíti letech, kdy měly dívky nižší rychlost COP i SD rychlosti COP ve stoji na dominantní i nedominantní noze oproti chlapcům. Také ve stoji na dominantní noze v jedenácti letech měly dívky nižší rychlost výkyvů a SD rychlosti.

Na problémy s rovnováhou ve stoji na jedné noze může ukazovat rozdílnost hodnot rychlosti COP a SD rychlosti v mladších věkových skupinách. Vyšší hodnota parametru SD rychlosti poukazuje na velké změny rychlosti v průběhu stoje na jedné noze. Na dominantní noze se to ukázalo v sedmi letech u chlapců a ve stoji na slabší noze v sedmi letech u dívek i chlapců a později u chlapců až do 9 let.

Tendence k poklesu všech parametrů stability zjištěné v naší studii ukazují, že mezi sedmi a jedenácti lety dochází ke snižování výchylek COP v bočním i předozadním směru a že klesá rychlost těchto výchylek. Podobné snižování uvádějí Riach, Starkes (1994). Největší pokles je uváděn mezi 6 a 9 lety. Vařeka (2002a) uvádí, že k zásadní změně v řízení a mechanismu udržení posturální stability dochází mezi 6. a 8. rokem, a toto období lze podle Riacha a

Starkese (1994) označit za „zlomové“. Příčinami jsou změny antropometrických parametrů, dozrávání integrace sensorických vstupů a mozečkových funkcí.

V hypotéze 1 (H1) jsme předpokládali, že existují rozdíly ve vybraných parametrech posturální stability mezi věkovými kategoriemi 7 až 11 let. Hypotézu 1 potvrzujeme. Mezi sedmým a jedenáctým rokem věku je patrný trend k poklesu všech sledovaných parametrů stability ve stoji s otevřenýma očima, ve stoji se zavřenýma očima i ve stoji na jedné noze. U některých parametrů v určitých postojích došlo ke stagnaci průměrných hodnot nebo mírnému nárůstu mezi sousedními věkovými kategoriemi. Celkově je zřetelný trend všech parametrů stability k poklesu u chlapců i dívek až do věku deseti let, kdy se tento pokles začíná zpomalovat.

V hypotéze 2 (H2) jsme předpokládali, že existují rozdíly ve vybraných parametrech posturální stability mezi chlapci a dívkami. Tuto hypotézu potvrzujeme, u dívek jsou statisticky významně nižší hodnoty všech parametrů stability. Nižší hodnoty parametrů stability u dívek oproti chlapcům potvrzujeme ve stoji s otevřenýma očima u osmiletých u parametru SD rychlosti COP, u devítiletých dětí u všech parametrů stability (SD X, SD Y, rychlost COP a SD rychlosti COP). Ve stoji se zavřenýma očima u parametru rychlost COP. Ve stoji na dominantní noze u devítiletých u parametrů SD X, rychlost COP a SD rychlosti a jedenáctiletých u všech parametrů stability. Ve stoji na nedominantní noze u devítiletých u parametrů SD X, rychlosti a SD rychlosti. V desíti letech jsou rozdíly mezi chlapci a dívkami v posturální stabilitě minimální. Potvrzujeme odlišnosti ve vývojových trendech vybraných parametrů posturální stability u chlapců a dívek.

Na základě analýzy závislostí parametrů stability ve stoji s otevřenýma očima na somatických faktorech a věku můžeme potvrdit, že existuje vliv věku, hmotnosti, výšky a množství tukuprosté hmoty na některé parametry posturální stability. Index tělesné plnosti (BMI) a procento tělesného tuku jsou naopak faktory, u kterých nelze potvrdit významný vliv. Věk, hmotnost a výška spolu úzce souvisejí a je jasné, že vliv výšky, hmotnosti a FFM na stabilitu může být důsledkem vlivu věku. Zjištěné závislosti nejsou silné a nevypovídají o tom, že by některý ze somatických faktorů hrál zásadní roli v ovlivnění posturální stability.

Na základě parciálních korelačních koeficientů pro věk, hmotnost a výšku nemůžeme u chlapců potvrdit, že by některý z faktorů měl dominantní vliv na vybrané faktory posturální stability ve stoji s otevřenými očima. Je možné, že u chlapců působí růstové faktory na stabilitu souhrnně. U dívek potvrzujeme významný negativní vliv věku a hmotnosti na velikost výkyvů v bočním směru a rychlost výkyvů, které klesají s tím, jak dívky stárnou a nabývají na hmotnosti. Naopak výška dívek zvyšuje výkyvy v bočním směru rychlost výkyvů. Zatímco vyšší hmotnost umožňuje dívkám lépe stabilizovat boční výkyvy, vyšší výška činí stabilitu složitější. Důvodem může být, že větší hmotnost brání rychlým výkyvům z důvodu větší setrvačnosti (Vařeka, 2002a), zatímco větší výška, a tím i výše položené těžiště, znamená horší podmínky pro stabilitu.

Ve stoji se zavřenými očima má u chlapců i dívek nejsilnější vliv na vybrané parametry posturální stability věk. Zatímco u dívek se vliv jiných faktorů na stabilitu ve stoji se zavřenými očima nepotvrdil, u chlapců byly významnými ovlivňujícími faktory také hmotnost a FFM, které ovlivnily boční výkyvy, a výška, která ovlivnila velikost bočního výkyvu a rychlost výkyvů. Po vyloučení vlivu hmotnosti a výšky měl věk signifikantní vliv na rychlost výkyvů u chlapců a velikost předozadních výkyvů a rychlosti výkyvů u dívek. Nejvyšší vliv měl věk na směrodatnou odchylku předozadních výkyvů u dívek. Věk ovlivnil tento parametr z 9%, což je zajímavé, neboť ve stoji s otevřenými očima nebyl tento parametr významně věkem ovlivněn. Vliv hmotnosti a výšky je ve stoji se zavřenými očima méně výrazný než ve stoji s otevřenými očima, což může vypovídat o tom, že větší roli může hrát stav centrální nervové soustavy a v souvislosti s vlivem věku její zrání. Stejně jako u stability ve stoji s očima otevřenými, i ve stoji se zavřenými lze pozorovat menší vliv věku u chlapců, na který ukazují parciální korelační koeficienty. U jednoduchých korelací se ukázal vztah věku k SD X, rychlosti COP a SD rychlosti u chlapců. Tyto korelace mohou být důsledkem kumulativního vlivu s dalšími růstovými faktory, například výška chlapců na rozdíl od dívek koreluje negativně, tedy ne opačně než věk. Věcná významnost vztahů nalezených mezi věkem a somatickými parametry a vybranými parametry posturální stability ve stoji se zavřenými očima není velká a u žádných ze zjištěných závislostí nepřesahuje 14% determinace. Vypovídá to o skutečnosti, že roli hrají další faktory.

Dosud provedené studie také jednoznačně nepotvrzují vliv věku a somatických charakteristik na stabilitu. Existují studie, které potvrzují vliv věku na některé parametry stability (Peeters et

al., 1984, Riach, Starkes, 1994, Shintaku et al, 2005), ale existují i studie, které tento vztah nepotvrzují (Lebiedowska, Syczewska, 2000). Vztah somatických charakteristik ke stabilitě je potvrzován ve studiích u dětí jen zřídka. Shintaku et al. (2005) našli signifikantní vztah BMI ke stabilitě u předškolních dětí. O středním až velkém vlivu antropometrických veličin na stabilometrické parametry u dospělých osob hovoří Chiari et al. (2002), kteří potvrzují také závislost rychlosti výkyvů na výšce subjektu.

Také ve stoji na jedné noze měl nejsilnější vztah k parametrům stability věk. Jediný parametr, který nevykázal statisticky významnou korelaci k věku, byla směrodatná odchylka výkyvů v předozadním směru u dívek ve stoji na nedominantní noze. Stabilita ve stoji na jedné noze se u chlapců i dívek zlepšuje s věkem. U chlapců ukazují parciální korelace, že věk ovlivňuje velikost výkyvů v obou směrech i rychlost výkyvů ve stoji na dominantní i nedominantní noze. U dívek bylo ovlivnění stability věkem ve stoji jednonož nižší a projevilo se jen u rychlosti výkyvů ve stoji na dominantní i nedominantní noze. Hmotnost ani výška nejsou faktory, které by ovlivňovaly stabilitu ve stoji na jedné noze, pouze u chlapců ve stoji na nedominantní noze působila výška jako faktor, který zvyšoval směrodatnou odchylku rychlosti COP. Chlapci, kteří jsou vyšší, měli obtížnější udržení stability ve stoji na nedominantní noze, které se projevilo změnami rychlosti výkyvů v této poloze. Nalezené vztahy věku a somatických faktorů k vybraným parametrům posturální stability dosáhly v některých případech až k hranici 25% determinace. Ačkoliv je ovlivnění parametrů stability ve stoji jednonož věkem a somatickými faktory výraznější než ve stoji na obou nohách, ani zde nelze žádný z faktorů považovat za určující pro posturální stabilitu.

Potvrzujeme vliv hmotnosti ve stoji s otevřenýma očima na směrodatnou odchylku bočních výkyvů (SD X) a SD rychlosti u dívek, kdy nárůst hmotnosti má tendenci snižovat velikost těchto parametrů. Potvrzujeme vliv výšky na směrodatnou odchylku bočních výkyvů (SD X) a SD rychlosti COP u dívek, kdy nárůst výšky má tendenci zvyšovat hodnotu těchto parametrů. Potvrzujeme vliv výšky na SD rychlosti COP ve stoji na nedominantní noze u chlapců, kdy nárůst výšky má tendenci zvyšovat hodnotu tohoto parametru. Zatímco hmotnost má tendenci posturální stabilitu zlepšovat, výška se jeví jako faktor, který činí posturální stabilitu obtížnější. Tuto domněnku však nemůžeme na základě našich výsledků jednoznačně potvrdit.

Procento tělesného tuku je faktorem, který ovlivňuje motoriku dětí mladšího školního věku. Vliv množství tělesného tuku byl prokázán u testů vyžadujících lokomoci, kdy velké množství tuku působí jako břímě, které provedení takových úloh ztěžuje. V testech, které nevyžadují přemísťování těla, nebyl podobný vztah prokázán (Malina et al., 2004). U skupin rozdělených podle množství tělesného tuku jsme porovnávali parametry stability ve všech typech postojů. U takto rozdělených skupin se neprokázaly rozdíly ve stabilitě. Děti zařazené do skupin s nadprůměrným, mírně nadprůměrným, průměrným a podprůměrným množstvím tuku nevykazují známky odlišností posturální stability. K opačným výsledkům došli McGraw et al. (2000), kteří u prepubertálních obézních chlapců našli větší variabilitu a rozsah výkyvů COP v bočním směru oproti normálním chlapcům. Podobné výsledky jsme nemohli potvrdit možná i díky metodice výběru, neboť v naší studii jde o výběr normálních dětí a skupina obézních vyčleněná z tohoto souboru by byla příliš malá. Vysvětlení, proč se neprojevil vliv tělesného složení, lze možná hledat ve skutečnosti, že v průběhu sledovaného období 7 až 11 let není patrný jasný vývojový trend v množství tělesného tuku. Parametry posturální stability oproti tomu v průběhu období vykazují tendenci k poklesu. Vliv věku a zrání organismu, respektive zrání centrální nervové soustavy, na posturální stabilitu je zřejmě silnější než vliv tělesného složení. Případný vliv tělesného složení na posturální stabilitu může být tedy zamaskován vlivem přirozeného zrání organismu s věkem dětí.

Nenalezli jsme rozdíly ve vybraných parametrech posturální stability u skupin dětí rozdělených podle množství tělesného tuku. Na druhou stranu výsledky korelační analýzy somatických ukazatelů a parametrů posturální stability naznačují, že některé aspekty posturální stability mohou být ovlivněny množstvím tukuprosté hmoty (FFM).

Jedním z předpokladů naší práce bylo, že stabilita má vztah k testům charakterizujícím svalovou zdatnost. U posturální stability ve stoji s očima otevřenými jsme nenalezli mnoho významných vztahů s provedenými motorickými testy. U chlapců ovlivnila velikost směrodatné odchylky výkyvů v bočním směru (SD X) výsledek v člunkovém běhu, kdy chlapci, kteří měli horší rychlostní schopnosti, měli vyšší směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X). Druhým případem ovlivnění stability ve stoji s otevřenými očima motorickými testy u chlapců je rychlost COP, která ovlivnila výsledek testu výstupy (modifikovaný step test). Chlapci, kteří dosáhli lepšího výsledku v testu, měli nižší rychlost COP. U dívek se vztahy výsledků motorických testů ke stabilitě ve stoji s otevřenými očima

neprojevily. Vztah stability a motorických testů charakterizujících svalové předpoklady našel Shintaku et al. (2005) u délky dráhy COG u 6 let starých dětí s testem skoky do strany.

Ve stoji se zavřenýma očima se ukázal jediný vztah parametrů posturální stability a výsledků v motorických testech u chlapců, a to vztah výsledku testu člunkový běh k SD rychlosti COP. To může naznačovat, že lepší rychlostní předpoklady umožňují lépe kontrolovat COP, a to vede k menším změnám rychlosti výkyvů COP. U dívek jsme nenalezli žádné signifikantní korelace, což může ukazovat na důležitost neuromuskulárního zrání pro stabilitu ve stoji s očima zavřenýma. To také potvrzují parciální korelační koeficienty pro věk, které byly u dívek významné.

Nalezené vztahy nevykazují velkou věcnou významnost. Koeficienty determinace ukazují na vzájemné ovlivnění daných faktorů maximálně z 6%. Domníváme se, že u chlapců ve stoji na obou nohách se zrakovou kontrolou i bez zrakové kontroly hrají roli určité aspekty rychlostních schopností dolních končetin. U dívek naše výsledky podobné vztahy nenaznačují.

Výraznější vztahy jsme našli u parametrů posturální stability ve stoji na jedné noze. U chlapců jsme více vztahů našli ve stoji na nedominantní noze, kdy měli chlapci s lepším výsledkem v člunkovém běhu nižší směrodatné odchylky výkyvů v bočním i předozadním směru a menší rychlost COP. U dívek znamenal lepší výsledek v člunkovém běhu menší rychlost COP ve stoji na dominantní i nedominantní noze. U chlapců byl zjištěn vztah směrodatné odchylky výkyvů v předozadním směru (SD Y) a rychlosti COP ve stoji na nedominantní noze a výsledku v testu skok daleký z místa. Nejsilnější vztah se prokázal u stoje na jedné noze s testem výstupy u chlapců. Chlapci, kteří dosáhli lepšího výsledku v testu výstupy, vykazovali menší hodnoty všech měřených parametrů posturální stability, z čehož můžeme usuzovat na menší výkyvy v předozadním i bočním směru a menší rychlost výkyvů ve stoji na jedné noze. Může to mít dvě možná vysvětlení. První možností je, že rozhodujícím faktorem pro stabilitu ve stoji na jedné noze u chlapců je síla dolních končetin, která je zapotřebí pro dobrý výsledek v testu. Tomu by odpovídalo i ovlivnění posturální stability ve stoji na nedominantní noze výsledkem testu skok daleký z místa, které jsme pozorovali u chlapců. Druhým možným vysvětlením je, že stabilita ve stoji na jedné noze je určující pro výsledek v testu výstupy po dobu 30 s a bez této dovednosti nelze dosáhnout dobrého výsledku v testu.

Výsledky korelační analýzy naznačují, že testy, které vyžadují silové a rychlostní schopnosti dolních končetin, jsou ve vztahu k určitým aspektům posturální stability. Nejsilnější vztahy byly nalezeny ve stoji na jedné noze. U testů, které alespoň v jednom případě ukázaly vztah ke stabilitě, jsme provedli porovnání hodnot parametrů stability ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v testu.

Předpoklad o odlišnosti parametrů posturální stability ve skupinách rozdělených podle výkonnosti se zčásti potvrdil u skupin rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu, kde měly podprůměrné děti v tomto testu častěji vyšší rychlost výkyvů ve stoji na jedné noze než průměrní a nadprůměrní. Ve stoji na nedominantní noze měly podprůměrné děti také větší boční výkyvy. Děti s horší rychlostní schopností měly častěji vyšší rychlost COP a vyšší SD rychlosti COP, z čehož usuzujeme, že se rychleji kývají a že se u nich v průběhu stoje na jedné noze více mění rychlost výkyvů. Vyšší rychlost COP znamená, že v měřeném čase urazil střed tlakového působení nohou (COP) delší dráhu. Lze předpokládat, že děti, které byly pomalejší v běhu, pomaleji reagovaly na výkyvy těla ve stoji na jedné noze, a proto u nich byla dráha COP delší. Otázkou je, zda to signalizuje problémy s rovnováhou, nebo zda jde o normální projev horších realizačně rychlostních schopností. Je možné, že těmto dětem činí rovnováha v této pozici nemalé obtíže, ale stejně tak je možné, že stoj na jedné noze dobře ovládají.

Ve skupinách rozdělených podle výsledků testů skok do dálky z místa a výstupy se nepotvrdily rozdíly mezi skupinami. Překvapivé to bylo zejména u testu výstupy, u kterého výsledky u chlapců korelovaly s parametry stability ve stoji jednož. Domnívali jsme se, že příčinou je smíšení chlapců a děvčat, ale ani mezi skupinami chlapců podprůměrných, mírně podprůměrných, průměrných a nadprůměrných v tomto testu se rozdíly mezi skupinami nepotvrdily. Může to být způsobeno nepřesným rozdělením do skupin, neboť srovnávací data k tomuto testu nejsou k dispozici a děti jsme do skupin rozdělili na základě námi naměřeného průměru a směrodatné odchylky.

Existuje ovlivnění stability určitými svalovými dispozicemi dolních končetin. Děti s podprůměrným výsledkem v testu člunkový běh vykázaly vyšší rychlost COP a SD rychlosti ve stoji na jedné noze než průměrní a nadprůměrní. U ostatních motorických testů jsme nenalezli rozdíly ve stabilitě ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v jednotlivých

motorických testech, ale korelace ukazují, že určité vztahy, zejména u chlapců, zde existují a určité aspekty rychlostně silových dispozic dolních končetin jsou ve vztahu s posturální stabilitou.

Vhodný pohybový režim s adekvátním množstvím pohybové aktivity je důležitý pro vývoj dětského organismu (Rowland, 1996). Zajímalo nás, zda děti s vyšším množstvím pohybové aktivity mohou mít lepší posturální stabilitu. Roli by mohla hrát větší pohybová zkušenost, nebo lepší svalová zdatnost dětí, které sportují. Jelikož u našeho souboru vzrůstalo zapojení do mimoškolní pohybové aktivity s věkem, porovnávali jsme parametry stability ve skupinách rozdělených podle množství pohybové aktivity zvláště u 7 až 8letých, 9letých a 10 až 11letých dětí. Rozdíly v posturální stabilitě mezi skupinami se ukázaly u devítiletých dětí ve stoji s otevřenými očima. Děti s nulovou pohybovou aktivitou měly častěji vyšší směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X), a tedy i vyšší výkyvy v tomto směru, zatímco děti s pohybovou aktivitou 120 minut týdně měly tyto hodnoty častěji nižší. U ostatních věkových skupin rozdělených podle množství pohybové aktivity jsme rozdíly u vybraných parametrů posturální stability nenalezli.

Ačkoliv jsme měli k dispozici též informace o formě pohybové aktivity, kterou děti vykonávají, nepodařilo se nám tato data vyhodnotit vzhledem k posturální stabilitě. Zapojení dětí do různých sportovních a pohybových aktivit bylo velmi rozmanité. Můžeme se jen domnívat, že koordinačně zaměřené sportovní a pohybové aktivity (gymnastika, aerobik, tanec, bojové sporty apod.) kladně ovlivňují posturální stabilitu, podobně jako to uvádějí Perrin et al. (2002) a Asseman et al. (2008). U našeho souboru nemůžeme tento vliv potvrdit.

Potvrzujeme částečně vliv množství pohybové aktivity na vybrané parametry posturální stability u devítiletých dětí. Množství pohybové aktivity ovlivnilo směrodatnou odchylku výkyvů v bočním směru (SD X) ve stoji s očima otevřenými. U ostatních věkových skupin a dalších parametrů jsme podobné vztahy nezaznamenali.

Jsme si vědomi, že naše studie má určitá omezení vyplývající především z podstaty testování posturální stability pomocí vyhodnocení pohybu COP. Při vyhodnocování dat získaných při měření posturální stability jsme se potýkali s problémem reálné výpovědní hodnoty získaných údajů. Vzhledem k velkým rozdílům mezi parametry naměřenými u jednotlivých probandů, byla interpretace výsledků obtížná. Jsme si vědomi nepřesností, které mohly vzniknout

v důsledku použití deskriptivních veličin u věkových skupin. I z tohoto důvodu jsme se soustředili ve vyhodnocování dat na vývojové trendy a sledování vztahů k somatickým a motorickým faktorům.

V dalším šetření posturální stability by bylo vhodné se věnovat otázce spolehlivosti měření posturální stability pomocí vyhodnocení pohybu COP, zejména vhodného počtu opakování, délky testu, test-retest reliability a v neposlední řadě také otázky adekvátní motivace dětí k testování.

4. Závěry

Cílem naší práce bylo popsat změny vybraných parametrů posturální stability, které souvisejí s věkem a pohlavím dětí mladšího školního věku, a provést analýzu změn ve vybraných parametrech posturální stability v souvislosti se somatickými charakteristikami, pohybovými schopnostmi a pohybovou aktivitou. Ke splnění cíle jsme si stanovili několik úkolů, jejichž plnění můžeme rozdělit na dvě etapy.

První etapou bylo zpracování teoretických východisek práce. Na základě studia odborné literatury a literární rešerše jsme zpracovali teoretickou část práce, která obsahuje kapitoly zaměřené na: vymezení pojmů a popis řídicích procesů vztahujících se k posturální stabilitě a rovnováze, zejména v klidném stoji, charakteristiku senzorických systémů a jejich příspěvek k posturální kontrole, vývoj posturální stability v průběhu ontogeneze, hodnocení posturální kontroly a rovnováhy, především s ohledem na měření „centre of pressure“ a charakteristiku období mladšího školního věku.

Druhou etapou byly práce souvisejí s přípravou a realizací empirického šetření, které proběhlo na základní škole v Kralupech nad Vltavou v červnu 2008. Výsledky šetření jsou náplní výzkumné části práce. V následujícím textu uvádíme nejdůležitější výsledky a závěry práce.

1. Výsledky měření parametrů posturální stability ve stoji s otevřenými očima, zavřenými očima a ve stoji na jedné noze u dětí mezi 7. a 11. rokem ukazují na velkou interindividuální variabilitu, která klesá s věkem a je menší u dívek než u chlapců.
2. Mezi 7. a 11. rokem věku je patrný trend k poklesu směrodatných odchylek výkyvů v bočním a předozadním směru, rychlosti COP i SD rychlosti ve stoji s otevřenými očima u chlapců i dívek. Tento trend je u dívek výrazný do devíti let, u chlapců do desíti let.
3. Mezi 7. a 11. rokem věku je patrný trend k poklesu směrodatných odchylek výkyvů v bočním směru, rychlosti COP i SD rychlosti ve stoji se zavřenými očima u chlapců i dívek. Parametr směrodatná odchylka výkyvů v předozadním směru (SD Y) vykazuje dočasné zvýšení hodnot u osmiletých chlapců i dívek, poté také hodnoty klesají. Pokles všech

měřených parametrů pokračuje až do jedenácti let s výjimkou mírného nárůstu u desetiletých dívek.

4. Mezi 7. a 11. rokem věku je patrný trend k poklesu směrodatných odchylek výkyvů v bočním a předozadním směru, rychlosti COP i SD rychlosti ve stoji na jedné noze u chlapců i dívek. U chlapců je patrný prudký pokles všech měřených parametrů mezi 7. a 8. rokem věku. Trend poklesu se zpomaluje v deseti letech.

5. Potvrzujeme odlišnosti ve vývojových trendech měřených parametrů stability ve stoji s otevřenými očima, stoji se zavřenými očima a stoji jednož u chlapců a dívek. Výrazné rozdíly jsou pozorovatelné do věku 9 let.

6. Hmotnost a výška těla ovlivňují posturální stabilitu nevýrazně, vztahy výšky a hmotnosti k posturální stabilitě se objevily jen u dvou parametrů ve stoji s otevřenými očima u dívek (SD X a SD rychlosti) a u jednoho parametru ve stoji na nedominantní noze u chlapců (SD rychlosti COP). U dívek se vyšší hmotnost ukázala jako faktor, který snižuje hodnoty parametrů stability. U chlapců i dívek se ukázala výška jako faktor, který zvyšuje hodnoty parametrů stability.

7. Neprokázal se vliv složení těla na vybrané parametry posturální stability ani u chlapců, ani u dívek.

8. Výsledky naznačují vztah rychlostně silových schopností dolních končetin k některým parametrům posturální stability. Tyto vztahy byly četnější u chlapců oproti dívkám a silnější ve stoji na jedné noze oproti stoji na obou nohách s otevřenými i zavřenými očima.

9. Nemůžeme potvrdit, že je množství a forma pohybové aktivity, kterou děti vykonávají ve svém volném čase, faktorem, který ovlivňuje posturální stabilitu dětí.

10. Nenalezli jsme dominantní faktor, který by ovlivnil posturální stabilitu dětí. Posturální stabilita je ovlivněna souborem vnitřních faktorů, z nichž se jako nejdůležitější ukazuje věk a rychlostně-koordinační dispozice dolních končetin. U chlapců je silnější vliv svalové komponenty, u dívek je nejsilnější vliv věku.

11. Naše práce poukazuje na některé metodologické problémy související s měřením posturální stability pomocí vyhodnocení pohybu COP u dětí mladšího školního věku. Největším problémem je značná variabilita naměřených parametrů, která zřejmě souvisí s biologicky determinovanou nestálostí testovaných osob. Eventuelní opakování studie doporučujeme směřovat až do doby, kdy budou uspokojivě zodpovězeny otázky spolehlivosti měření parametrů COP u této věkové kategorie.

12. V dalším výzkumu posturální stability doporučujeme:

- vyhodnocovat zvláště dívky a chlapce, a to již od nejmladších věkových kategorií
- s měřením posturální stability pracovat ve studiích longitudinálního typu, které mohou lépe zachytit vývojové trendy u dětí mladšího školního věku
- zaměřit se na posturální stabilitu u dětí různých zájmových skupin pro vysvětlení, jaký vliv v kvalitě posturální stability hraje pohybová zkušenost, zejména zajímavé by bylo měření posturální stability u sportovců, kteří se věnují aktivitám s vyššími nároky na rovnováhu a stabilitu, jako je např. tanec, gymnastika, bruslení, lyžování, sportovní lezení apod.
- zjištění posturální stability u dětí různého tělesného složení, zejména u skupin dětí s nadváhou nebo obézních
- hodnocení posturální stability vzhledem k biologickému věku dětí
- hodnocení posturální stability vzhledem k vývoji ostatních funkcí centrální nervové soustavy a u dětí s poruchami učení nebo chování
- stanovení srovnávacích hodnot pro českou populaci na měřícím zařízení Footscan, které umožňuje testování posturální stability v terénních podmínkách

5. Použitá literatura

1. ALTER, M. *Science of Flexibility*. 3. vyd. Champaign: Human Kinetics, 2004. ISBN 0-7360-4898-7.
2. ASSAIANTE, CH. Development of Locomotor balance Control in Healthy Children. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 22, no. 4, 1998, s. 527-532.
3. ASSAIANTE, CH., AMBLARD, B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science*, 14, 1995, s. 13-43.
4. ASSAIANTE, CH., AMBLARD, B. Peripheral vision and age-related differences in dynamic balance. *Human Movement Science*, 11, 1992, s. 533-548.
5. ASSAIANTE, CH., MALLAU, S., VIEL, S., JOVER, M., SCHMITZ, CH. Development of Postural Control in Healthy Children: A Functional Approach. *Neural Plasticity*, 12, 2-3, 2005, s. 109-118.
6. ASSEMAN, F., B., CARON, O., CREMIEUX, J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait and Posture*, 27, 1, 2008, s.76-81.
7. BARTOŠÍK, J., CHUDÁ, B. *Základy zdravotnej telesnej výchovy*. Bratislava: UK, 2000. ISBN 80-223-1442-0.
8. BELEJ, M. *Motorické učenie*. 2. vyd. Prešov: PU, 2001. ISBN 80-8068-041-8.
9. BELEJ, M. Rozvoj koordinačných schopností detí mladšieho a stredného školského veku. In. *Sborník výstupov z grantovej úlohy 1/1388/94: Identifikácia a rozvoj pohybových schopností detí a mládeže*. Prešov: FHPV PU, 1999.
10. BERG, K. Balance and its measure in the elderly: a review. *Physiother Can*, 41, 1989, s. 240-246.
11. BOUTEN, C. J. et al. Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer. *Med. Sci. Sports Exerc*, vol. 26, no. 12, 1994, s. 1516-1523.

12. BRŤKOVÁ, M. et al. The motor performance in relation to anthropometric measurement of 14 year-old children in eastern Slovakia region. In: CHYTRÁČKOVÁ, J., KOHOUTEK, M. (eds.). *SPORT KINETICS '95: Proceedings of 4th International Scientific Conference – Prague, September 13-16, 1995*. Praha: Karlova Univerzita, 1995. s. 107-111.
13. BUNC, V. Možnosti pohybových programů při redukci nadváhy u školní mládeže. In: KRESTA, J., PYŠNÁ, D. (eds.) *Pohyb, výchova, zdraví 2009*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2009. s. 7- 16. ISBN 978-80-7414-213-0.
14. BUNC, V. et al. *Školní mládež na konci dvacátého století. Závěrečná zpráva o řešení projektu MŠMT – ČR VS 97 131*. Praha: FTVS UK, 2000a.
15. BUNC, V., DLOUHÁ, R., MORAVCOVÁ, J. et al. Estimation of body composition by multifrequency bioimpedance measurement in children. *Ann. N. Y. Acad.Sci.*, 2000b, 881, s. 203-204.
16. BUNC, V. Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. *Čas. Lék. Čes.*, 2007, 146, s. 492-496.
17. BUNC, V. Nadváha a obezita dětí – životní styl jako příčina a důsledek. *Česká kinantropologie*, 12, 2008, 3, s. 61-69.
18. BUNC, V. Zdravotně orientovaná zdatnost a možnosti její kultivace na základní škole. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 64, 3, 1998, s. 3-10.
19. BUNC, V., CINGÁLEK, R., KALOUS, J. Tělesná zdatnost, složení těla a motorická výkonnost českých dětí a mládeže. In: *Pohyb a výchova*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2004. ISBN 80-7044-563-7.
20. BUNC, V., CINGÁLEK, R., MORAVCOVÁ, J. KALOUS, J. Possibilities of body composition assessment by bioimpedance method in children. In: VÁLKOVÁ, H., HANELOVÁ, Z. (eds.) *Movements and Health*. Olomouc: Palacký University, 2001, s. 102-106.
21. BURSOVÁ, M., LANGMAJEROVÁ, J. Individuální analýza úrovně posturální funkce dětí mladšího školního věku jako stěžejní podklad při sestavování cílených kompenzačních programů. In: VOBR, R. (ed.) *Disportare 2006*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2006. ISBN 80-7040-890-1.
22. BURSOVÁ, M., RUBÁŠ, K. *Základy teorie tělesných cvičení*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-822-6.

23. CARPENTER, M., G., FRANK, J., S., WINTER, D., A., PEYSAR, G., W. Sampling duration effect on centre of pressure summary measures. *Gait & Posture*, 2000, 13, s. 35-40.
24. CORNILLEAU-PERES, V., SHABANA, N., DROULET, J. a kol. Measurement of vizual contribution to postural steadines from COP movement: methodology and reliability. *Gait & Posture*, 2005, 22 , 2, s. 96-106.
25. ČELIKOVSKÝ, S. et al. *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. 3. vyd. Praha: SPN, 1990. ISBN 80-04-23248-5.
26. ČELIKOVSKÝ, S., CHYTRÁČKOVÁ, J. Svalová činnost převážně obratnostního charakteru. In. MÁČEK, M., VÁVRA, J. *Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže*. Praha: Avicenum, 1988.
27. ČERNÁ, L. (a) Posturální funkce a její vztah k pohybu lidského těla. In: KRESTA, J., PYŠNÁ, D. (eds.). *Vybrané aspekty kinantropologie 2009*. Ústí nad Labem: Universita J. E. Purkyně, 2009, s. 22-25. ISBN 978-80-7414-157-7.
28. ČERNÁ, L. (b) Posturální kontrola, schopnost udržení rovnováhy a motorický vývoj dětí. In: KRESTA, J., PYŠNÁ, D. (eds.). *Pohyb je život 2009*. Ústí nad Labem: Universita J. E. Purkyně, 2009, s. 75-82. ISBN 978-80-7414-122-5.
29. DEMURA, S., KITABAYASHI, T., UCHIAMA, M. Body sway characteristics during static upright posture in young children. *Sport Sci Health*, 2006, 1 (4), s. 158-161.
30. DIENER, H., C., DICHGANS, J., GUSCHLBAUER, B., BACHER, M. Role of visual and static vestibular influences on dynamic posture control. *Human Neurobiology*, 1986, 5, s. 105-113.
31. DOBRÝ, L. Vztahy mezi biologickým růstem, zráním a sportovním výkonem. *Těl. Vých. Sport Mlád.* 71, 2, 2002, s. 2-8.
32. DOYLE, R., J., HSIAO-WECKLER, E., T., RAGAN, B., G., ROSENGREN, K., S. Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait & Posture*, 2007, 25, s. 166-171.
33. DVOŘÁKOVÁ, H. *Didaktika tělesné výchovy nejmenších dětí*. Praha: Univerzita Karlova – Pedagogická fakulta, 2007. ISBN 978-80-7290-298-9.
34. DVOŘÁKOVÁ, H. *Didaktika tělesné výchovy nejmenších dětí a dětí s hendikepy*. Praha: UK, 2000.

35. FETZ, F. *Sensomotorisches Gleichgewicht im Sport*. Wien: Österreichisches Bundesverlag, 1987.
36. FIGURA, F., CAMA, G., CAPRANICA, L., GUIDETTI, L., PULEJO, C. Assessment of static balance in children. *The Journal of Sports Medicines and Physical Fitness*. 31, 1991, s. 235-242.
37. 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*, vol. 2, no. 5, 1982, s. 545-552.
38. GELDHOF, E., CARDON, G., DE BOURDEAUDHUIJ, I., DANNEELS, L., COOREVITS, P., VANDERSTRAETEN, G., DE CLERQ, D. Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. *Eur J Pediatr*, 165, 2006, s. 779-786.
39. GOLDIE, P. A., BACH, T., M., EVANS, O., M. Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil*, 1989, 70, s. 510-517.
40. GURFINKEL, V., S., LEVICK, Y., S. Perceptual and automatic aspects of the postural body scheme. In: PAILLARD, J. (ed.) *Brain and space*. New York: Oxford Science Publishers, 1991.
41. GUSKIEWICZ, K. M., PERRIN, D. H. Research and Clinical Applications of Assessing Balance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5, 1996, s. 45-63.
42. HABIB, Z., WESTCOTT, S. Assessment of Anthropometric factor on Balance Tests in Children. *Pediatr Phys Ther*, 10, 1998, s. 101-109.
43. HATZITAKI, V., ZISI, V., KOLLIAS, I., KIOUMOURTZOGLU, E. Perceptual-Motor Contributions to Static and Dynamic Balance Control in Children. *Journal of Motor behavior*, vol. 34, 2, 2002, s. 161-170.
44. HAVEL, Z., HNÍZDIL, J et al. *Rozvoj a diagnostika koordinačních a pohyblivostních schopností*. Banská Bystrica: Pedagogická fakulta Univerzity Mateja Bela, 2010. ISBN 978-80-8083-950-5.
45. HAVEL, Z. *Tělesná kultura a volný čas dětí*. Kandidátská a disertační práce. Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, 1980.
46. HAVEL, Z., HNÍZDIL, J. *Cvičení z antropomotoriky*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2008. ISBN 978-80-7414-070-9.

47. HAY, L., REDON, C. Development of postural adaptation to arm raising. *Exp. Brain Res.* 139 (2), 1999, s. 224-232.
48. HAYWOOD, K. M., GETCHEL, N. *Life span motor development*. 5. vyd. Champaign: Human Kinetics, 2009. ISBN 0-7360-7552-6.
49. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1.
50. HEYWARD, V., H., WAGNER, D., R. *Applied body composition assessment*. Champaign: Human Kinetics, 2004. ISBN 0-73604630.
51. HIRTZ, P. *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1985.
52. HORAK, F., B. Clinical assessment of balance disorders. *Gait & Posture*, 6, 1997, s. 76 – 84.
53. HORAK, F., SHUPERT, C. The role of the vestibular system in postural control. In: HERDMAN, S. (ed.). *Vestibular rehabilitation*. New York: FA Davis, 1994, s. 22-46.
54. HIRABAYASHI, S., IWASAKI, Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain and Development*, 17, 2, 1995, s. 111-113.
55. HYTÖNEN, M., PYYKKÖ, I., AALTO, H., STARCK, J. Postural Control and age. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 113, 1993, s. 119-122.
56. CHIARI, L., ROCCHI, L., CAPPELLO, A. Stabilometric parameters are affected by antropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics*, 17, 2002, s. 666–677.
57. CHYTRÁČKOVÁ, J., KOVÁŘ, R. Frekvence výskytu extrémních variant v projevech motorické výkonnosti a jejich vazba na vybrané somatické charakteristiky. In. SLEPIČKA, P. (ed.). *Školní tělesná výchova a celoživotní pohybová aktivita: sborník z vědeckého semináře – Praha 4. 5. 1994*. Praha: FTVS UK, 1994. s. 18-20.
58. JANURA, M. *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: UPOL FTK, 2003. ISBN 80-244-0644-6.
59. JOHNSON, A. T. *Biomechanics and Exercise Physiology: Quantitative Modeling*. Boca Raton: CRC Press Taylor& Francis Group, 2. vyd., 2007. ISBN 978-1-57444-906-8.
60. KAŇOVSKÝ, P., HERZIG, R. et al. *Obecná neurologie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007. ISBN 978-80-244-1663-2.

61. KAPTEYN, T., S., BLES, W., NJIOKIKTIEN, CH., J., KODDE, L., MASSEN, C., H., MOL, J., M., F. Standardization in Platform Stabilometry being a Part of Posturography. *Agressologie*, 24, 7, 1983, s. 321-326.
62. KASA, J. *Športová antropomotorika*. 1. vyd. Bratislava: SVSTVŠ, 2000a. ISBN 80-968252-3-2.
63. KASA, J. Činitele motorického vývinu člověka. In. BARTOŠÍK, J. (Ed.) *Pohyb a zdravie v hodnotovom systéme ľudí na začiatku nového tisícročia*. Nitra: PF UKF, 2000, s. 5–10.
64. KINKOROVÁ, I. *Využitelnost současných metod pro stanovení tělesného složení v terénních a laboratorních podmínkách*. Disertační práce. Praha: FTVS UK, 2004.
65. KIRSCHENBAUM, N., RIACH, C., L., STARKES, J., L. Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Exp Brain Res*, 140, 2001, s. 420-431.
66. KITTNAR, O. *Fyziologické regulace ve schématech*. Praha: Grada, 2000. ISBN 8071697826.
67. KODÝM, M. et al. *Fyziologie a psychologie tělesné výchovy žáků mladšího školního věku*. Praha: SPN, 1985.
68. KOHOUTEK, M., HENDL, J., VÉLE, F., HIRTZ, P. *Koordinální schopnosti dětí. Výsledky čtyřletého longitudinálního sledování dětí ve věku 8-11 let*. Praha: UK FTVS, 2005. ISBN 80-86317-34-X.
69. KOPECKÝ, M. *Somatický a motorický vývoj 7 až 15letých chlapců a dívek v olomouckém regionu*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2006. ISBN 80-244-1281-0.
70. KOPECKÝ, M. *Somatotyp a motorická výkonnost dětí*. Habilitační práce. Olomouc: Pedagogická fakulta Univerzity Palackého, 2005.
71. KOŠTIAL, J., PLŠÍKOVÁ, E. Vplyv diferencovanej pohybovej aktivity na pohybovú výkonnosť školskej populácie. In. MORAVEC, R. et al. *Eurofit: Telesný rozvoj a pohybová výkonnosť školskej populácie na Slovensku*. Bratislava: SVSTVŠ, 1996. ISBN 80-967487-1-8.
72. KOZÁKOVÁ, D., SVOBODA, Z., JANURA, M., PARÁKOVÁ, B. Hodnocení posturální stability pacientů s transfemorální amputací s různou dobou používání protézy. *Česká kinantropologie*, 2008, 12, 4, s. 77-86.

73. KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyziologie*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0350-0.
74. KUČERA, M. Pohyb v ontogenezi. In: *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada, 1997.
75. KUTHAN, V. Senzorické funkce. In: TROJAN, S. et al. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, s. 348-383. ISBN 80-247-0512-5.
76. LATASH, M. L. Postural control. In: LATASH, M., L. *Neurophysiological Basis of Movement*. Champaign: Human Kinetics, 1998. ISBN 0-88011-756-7.
77. LE CLAIR, K., RIACH, C. Postural stability measures: what to measure and for how long. *Clin. Biomech.*, 1996, 11, 3, s. 176-178.
78. LEBIEDOVSKA, M., K., SYCZEWSKA, M. Invariant sway properties in children. *Gait & Posture*, 12, 2000, s. 200-204.
79. LÉBL, J., KRÁSNIČAROVÁ, H. *Růst dětí a jeho poruchy*. Praha: Galén, 1996. ISBN 80-85824-30-2.
80. MALINA, R. M. Physical activity and fitness: Pathways from childhood to adulthood. *Am. J. Hum. Biol.*, vol. 13, 2001, s. 162-172.
81. MALINA, R. M., BOUCHARD, C. BAR-OR, O. *Growth, maturation and physical activity*. 2. vyd. Champaign: Human Kinetics, 2004. ISBN 0-88611-882-2.
82. MASSION, J., WOLLACOTT, M. Posture and equilibrium. In: BRONSTEIN, A., BRANDT, T., WOLLACOTT, M. (eds.) *Clinical disorders of balance, posture and gait*. London: Oxford University Press. 1996, s. 1-18.
83. MAURER, C., MERGNER, T., BOLHA, B., HLAVAČKA, F. Vestibular, visual and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neuroscience Letters*, 281, 2000, s. 99-102.
84. MC GRAW, B., MC CLENAGHAN, B., A., WILLIAMS, H., G., DICKERSON, J., WARD, D., S. Gait and Postural Stability in Obese and Nonobese prepubertal Boys. *Arch Phys Med Rehabil*, 81, 2000, s. 484 – 489.
85. MĚKOTA, K., BLAHUŠ, P. *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: SPN, 1983.
86. MĚKOTA, K., KOVÁŘ, R. et al. Unifittest 6-60. manuál pro hodnocení základní motorické výkonnosti a vybraných charakteristik tělesné stavby mládeže a dospělých v České republice. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity, 1996.

87. MĚKOTA, K., KOVÁŘ, R., ŠTĚPNIČKA, J. *Anropomotorika II*. Praha: SPN, 1988.
88. MĚKOTA, K., NOVOSAD, J. *Motorické schopnosti*. Olomouc: UP, 2005. ISBN 80-244-0981.
89. MIKOLAJEC, K., RZEPKA, R. Objective Assessment and Importance of Stability and Motor Control in Sports Performance. *Journal of Human Kinetics*, vol. 18, 2007, s. 135-140.
90. MÍKOVÁ, M. *Posturografie – význam a uplatnění ve výzkumu a klinické praxi*. Disertační práce. Olomouc: FTK Univerzity Palackého, 2006.
91. MLÍKA, R. *Dynamická analýza posturálních změn při modifikovaném vizuálním vstupu a aplikaci externího silového podnětu*. Disertační práce. Olomouc: FTK Univerzity Palackého, 2008.
92. MONTTOYE, H. J. *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996. ISBN 0-87322-500-7.
93. MORAVEC, R. et al. EUROFIT – *Telesný rozvoj a pohybová výkonnosť školskej populácie na Slovensku*. 1. vyd. Bratislava: SVSTVŠ, 1996. ISBN 80-967487-1-8.
94. MUŽÍK, V., KREJČÍ, M. *Tělesná výchova a zdraví*. Olomouc: Hanex, 1997. ISBN 80-85783-17-7.
95. NEVŠÍMALOVÁ, S., RŮŽIČKA, E., TICHÝ, J. *Neurologie*. Praha: Galén a UK, 2002. ISBN 80-7262-160-2.
96. NOLAN, L., GRIGORENKO, A., THORSTENSSON, A. Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47, 2005, s. 449-454.
97. NOUGIER, V., BARD, CH., FLEURY, M., TEASDALE, N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance: Developmental aspects. *J Exp Child Psychol*, 68, 1998, s. 202-215.
98. ODENRICK, P., SANDTEDT, P., LENNERSTRAND, G. Postural sway and gait of children with convergent strabismus. *Dev Med Child Neurol*, 26, 1984, s. 495-499.
99. OKELY, A., D., BOOTH, M., L., CHEY, T. Relationships between body composition and fundamental movement skills among children and adolescents. *Res Q Exerc Sport*, 75, 3, 2004, s. 238-247 .

100. PALMIERI, R. M., INGERSOLL, C. D., STONE, M. B., KRAUSE B. A. Center-of-pressure Used in the Assessment of Postural Control. *J Sport Rehabil*, 11, 2002, s. 51-66.
101. PAŘÍZKOVÁ, J. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Med. Sport Boh. Slov.*, 7, 1, 1998, s. 1-6.
102. PAULUS, W., M., STRAUBE, A., BRANDT, T. Vizual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain*, 1984, 107, s. 1143-1163.
103. PEETERS, H., BRESLAU, E., MOL, J., CABERG, H. Analysis of posturographic measurements on children. *Med. & Biol. Eng. & Comput*, 1984, 22, s. 317-321.
104. PERRIN, P., DEVITERME, D., HUGEL, F., PERROT, C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture*, 15, 2, 2002, s. 187-194.
105. PINSAULT, N., VUILLERME, N. Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Medical Engineering & Physics*, 31, 2009. s. 276-286.
106. POLLOCK, A. S., DURWARD, B. R., ROWE, P. J. What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14, 2000, s. 402-406.
107. PŘÍHODA, V. *Ontogeneze lidské psychiky I*. Praha: SPN, 1963.
108. PYYKÖ, I., AALTO, H., HYTÖNEN, M., STARCK, J., JÄNTI, P., RAMSAY, H. Effect of age on postural control. In: AMBLARD, B. ET AL. (eds.) *Posture and gait: Development, adaptation and modulation*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1988. s. 95-104.
109. RIACH, C. L., STARKES, J. L. Stability limits of quiet standing postural control in children and adults. *Gait & Posture*, 1, 1993, s. 105-111.
110. RIACH, C. L., STARKES, J. L. Velocity of centre of pressure excursions as an indicator of postural control systems in children. *Gait & Posture*, 2, 1994, s.167-172.
111. RIACH, C., L., HAYES, K., C. Maturation of postural sway in young children. *Dev Med Child Neurol*, 29, 1987, s. 650-658.
112. RIVAL, C., CEYTE, H., OLIVIER, I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*, 376, 2005, s. 133-136.

113. ROWLAND, T.,W. *Development Exercise Physiology*. Champaign: Human Kinetics, 1996. ISBN 6-87322-640-2.
114. RYCHTECKÝ, A., FIALOVÁ, L. *Didaktika školní tělesné výchovy*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-7184-659-7.
115. SAMSON, M., CROWE, A. Intra-subject inconsistencies in quantitative assessment of body sway. *Gait & Posture*, 1996, 4, s. 252- 257.
116. SERGIENKO, L. The genetic based prognosis in sport selection. *Kinesiology*, 31, 1, 1999, s. 11– 7.
117. SHINTAKU, Y., OHKUWA, T., YABE, K. Effects of physical fitness level on postural sway in young children. *Anthropological Science*, 113, 2005, s. 237-244.
118. SHUMWAY-COOK, M., WOOLLACOTT, M. H. *Motor control. Theory and Practical Application*. Lippincott: Williams & Wilkins, 2001. ISBN 068330643X.
119. SHUMWAY-COOK, M., WOOLLACOTT, M. H. The growth of stability: postural control from developmental perspective. *Journal of Motor behavior*, 17, 1985, s. 131-147.
120. SCHENKMAN, M., BUTLER, R., B. „Automatic Postural Tone“ in posture, movement, and function. *Forum on physical therapy issues related to cerebrovascular accidents*. Alexandria, VA: APTA, 1992, s. 16-21.
121. 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*, 48, 2006, s. 477-482.
122. STREEPEY, J. W., ANGULO-KINZLER, R. M. The role of task difficulty in the control of dynamic balance in children and adults. *Human Movement Science*, 21, 2002, s. 423-438.
123. SUCHOMEL, A. Somatotyp dětí s nízkou a vysokou úrovní motorické výkonnosti. *Studia Kinantropologica*, III, 1, 2002, s. 57-68. ISBN 80-7372-140-6.
124. ŠIMONEK, J. *Hodnotenie a rozvoj koordinačných schopností 10-17-ročných chlapcov a dievčat*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa, 1998. ISBN 80-88901-25-1.
125. TAGUCHI, K., TADA, C. Change of body sway with growth of children. In. AMBLARD, B. ET AL. (eds.). *Posture and gait: Development, adaptation and modulation*. Amsterdam: Elsevier Science publishers, 1988. s. 59-65.

126. TARANTOLA, J., NARDONE, A., TACCHINI, E., SCHIEPPATI, M. Human stance stability improves with the repetition of the task: effect of foot position and vizual condition. *Neurosci Lett*, 1997, 228, s. 75-78.
127. TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka. 3. vyd., Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1296-2.
128. TROJAN, S. Fyziologie hybnosti. In. TROJAN, S. et al. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd., Praha: Grada Publishing, 2003, s. 348-383. ISBN 80-247-0512-5.
129. TUREK, M.: *Telesný vývin a pohybová vykonnosť detí mladšieho školského veku*. Prešov: Pedagogická fakulta Prešovskej univerzity, 1999.
130. USUI, N., MAEKAWA, K., HIRASAWA, Y. Development of the upright postural sway of children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 37, 1995, s. 985-996.
131. VAŘEKA, I. Posturální stabilita (I. část) Terminologie a biomechanické principy. *Rehabil. Fyz. lék.*, 9, 2002 (a), 4, s. 115-121.
132. VAŘEKA, I. Posturální stabilita (II. Část) Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabil. Fyz. lék.*, 9, 2002 (b), 4, s. 122-129.
133. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Univerzita Karlova, 1995. ISBN 80-7184-100-5.
134. VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Avicenum, 1997.
135. VIGNEROVÁ, J., BLÁHA, P. *Sledování růstu českých dětí a dospívajících. Norma, vyhublost, obezita*. Praha: SZÚ, 2001.
136. VUILLERME, N., TEASDALE, N., NOUGIER, V. The effect of expertise in gymnastics on proprioceptive sensory integration in human subjects. *Neuroscience Letters*, 2001, 311, 2, s. 73-76.
137. WESTCOTT, S. L., RICHARDSON, P. K., LOWES, L. P. Evaluation of postural stability in children: current theories an assesment tools. *Phys Ther*, 77, 1997, s. 629-645.
138. WINTER, D., A. *Biomechanics and motor control of human movement*. 2. vyd. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990.
139. WINTER, D., A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*, 3, 1995, s. 193-214.

140. WINTER, D., A., PATLA, A. E., PRINCE, F., ISHAC, M., GIELO-PERCZAK, K. Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 80, 1998, s. 1211-1221.
141. WOLFF, D. R., ROSE, J., JONES, V. K., BLOCH, D. A., OEHLERT, J. W., GAMBLE, J. G. Postural balance Measurements for Children and Adolescents. *Journal of Orthopaedic Research*, 16, 1998, s. 271-275.
142. WOOLLACOTT, M., H., DEBÛ, B., SHUMWAY-COOK, A. Children's Development of Posture and Balance Control: Changes in Motor Coordination and Sensory Integration. In: GOULD, P. *Advances in pediatric sport sciences. Behavioral issues*. Champaign: Human Kinetics Publ., 1987. ISBN 0-87322-089-7.
143. WOOLLACOTT, M., H., SHUMWAY-COOK, A., WILLIAMS, H., G. The Development of Posture and Balance Control in Children. In. WOOLLACOTT, M., H. *Development of posture and gait across the life span*. Columbia, SC: Univ. Of South Carolina Press, 1989. ISBN 0-87249-629-5.
144. ZERNICKE, R. F., GREGOR, R. J., CRATY, B. J. Balance and visual proprioception in children. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 1982, s. 1-13.
145. ZOK, M., MAZZA, C., CAPPOZZO, A. Should the instructions issued to the subject in traditional static posturography be standardised? *Med Eng Phys*, 2008, 30, s. 913-916.

6. Seznam použitých zkratk

AP	předozadní (antero-posterior)
APA	předvídavé posturální přizpůsobení (anticipatory postural adjustment)
BIA	bioimpedance
BMI	index tělesné plnosti (body mass index)
CNS	centrální nervová soustava
COG	bod na podložce, kterým prochází vektor gravitační síly působící v těžišti objektu (center of gravity)
COM	těžiště těla (center of mass)
COP	střed tlakového působení na podložku (center of pressure)
CR	kompenzační reakce (compensatory reactions)
DOM	dominantní noha
FFB	tukuprostá složka těla (fat-free body composition)
FFM	tukuprostá hmota (fat-free mass)
ML	boční (medio-laterální)
n	četnost souboru
NED	nedominantní noha
OO	oči otevřené
OZ	oči zavřené
p	hladina pravděpodobnosti
r	korelační koeficient
RMS	efektivní hodnota – statistická hodnota měřící velikost měnící se veličiny (root mean square)
SD	směrodatná odchylka (standard deviation)
SD X	směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice COP v průběhu testu ve směru osy x (bočním směru)
SD Y	směrodatná odchylka výkyvů COP od střední pozice COP v průběhu testu ve směru osy y (bočním směru)
x	aritmetický průměr
x_{max}	maximum
x_{min}	minimum

7. Seznam příloh

Příloha I.: Průměrné hodnoty somatometrických měření, složení těla a výsledků v motorických testech (grafy 1-10), porovnání výsledků v motorických testech s českou populací (tabulky 1-4)

Příloha II.: Normalita rozdělení – Kolmogorovův-Smirnovův test (tabulka 5)

Příloha III.: Hodnocení rozdílů v parametrech posturální stability mezi chlapci a dívkami ve věkových kategoriích (tabulky 6-13)

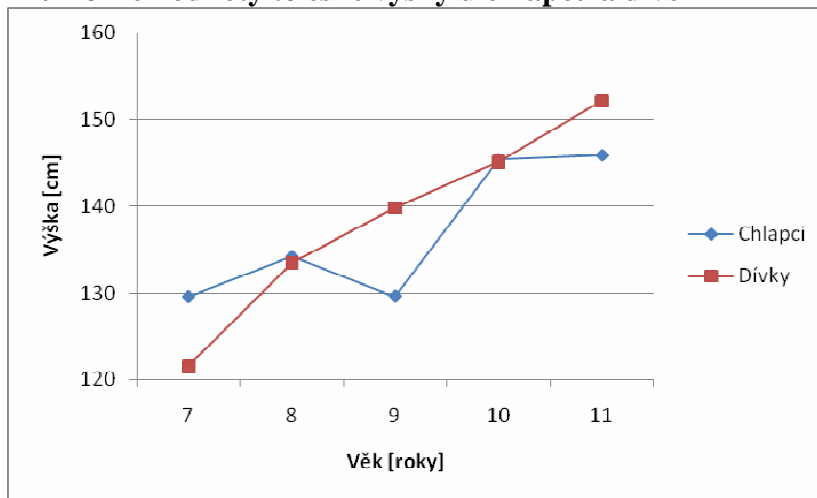
Příloha IV.: Základní deskriptivní statistiky parametrů stability – stoj s očima otevřenýma, stoj s očima zavřenýma, stoj na dominantní noze, stoj na nedominantní noze (tabulky 14-17)

Příloha V.: Mediánové testy (tabulky 18-24)

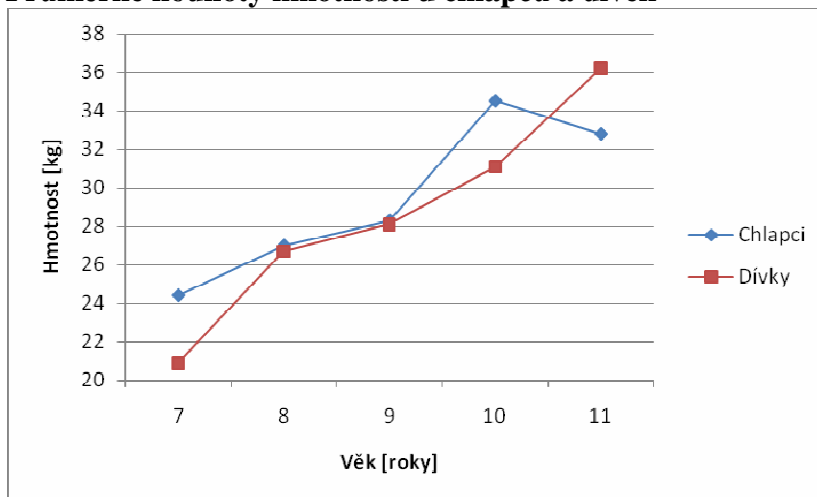
Příloha VI.: Protokol z měření

Příloha I.

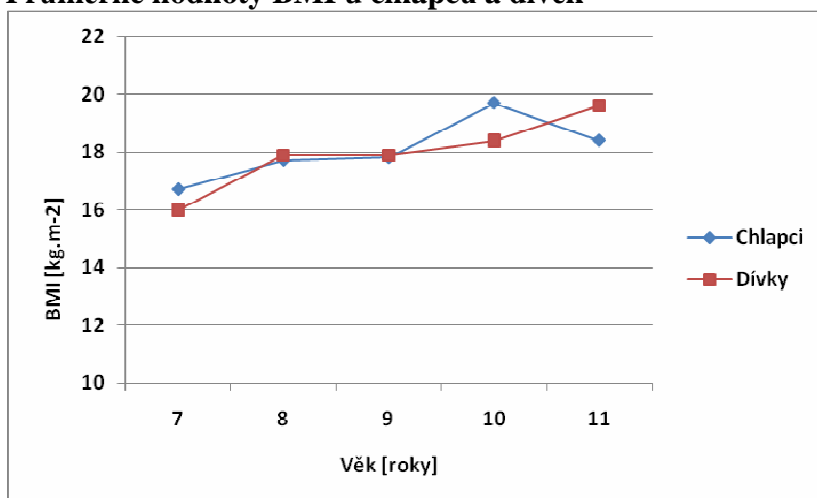
Graf 1
Průměrné hodnoty tělesné výšky u chlapců a dívek



Graf 2
Průměrné hodnoty hmotnosti u chlapců a dívek

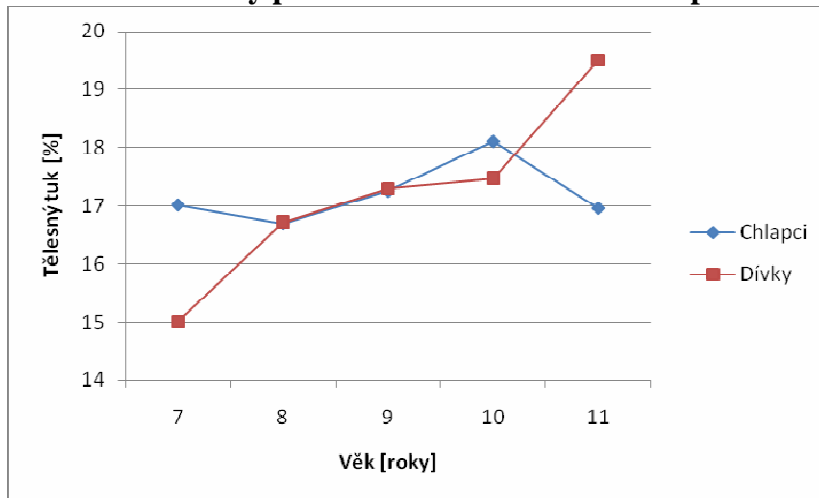


Graf 3
Průměrné hodnoty BMI u chlapců a dívek



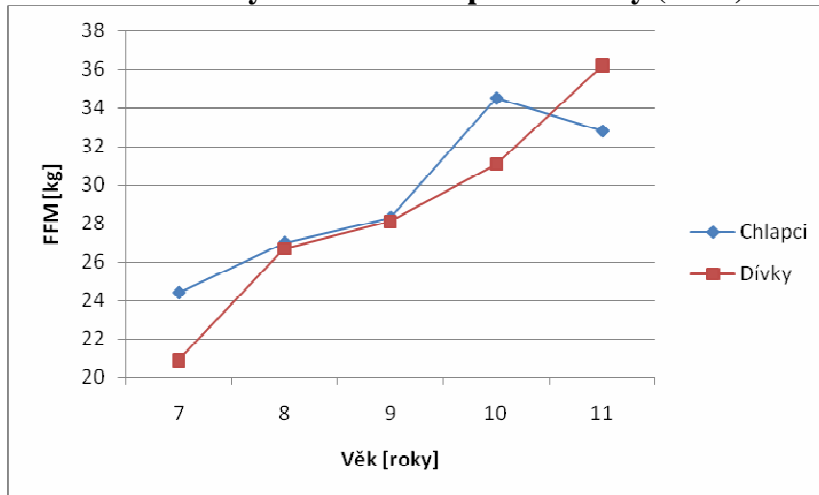
Graf 4

Průměrné hodnoty procenta tělesného tuku u chlapců a dívek



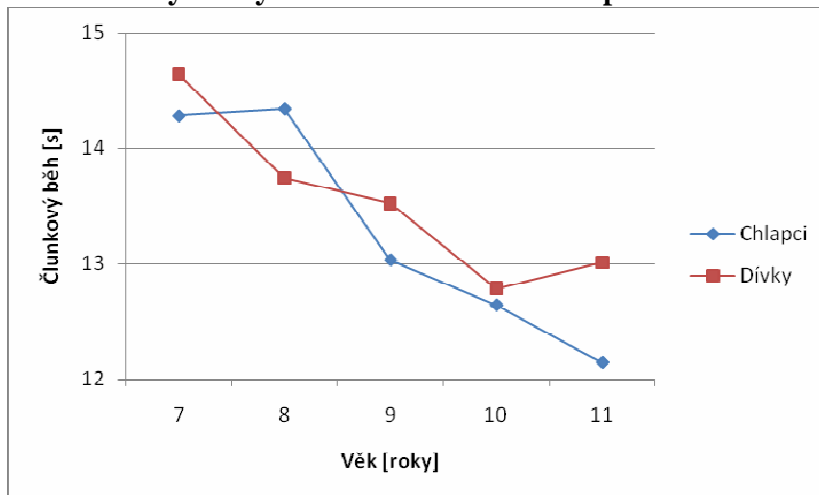
Graf 5

Průměrné hodnoty množství tukuprosté hmoty (FFM) u chlapců a dívek



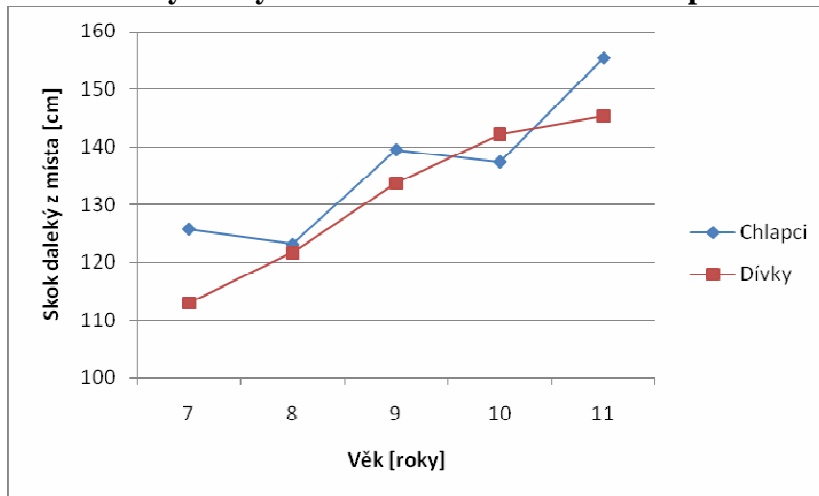
Graf 6

Průměrné výsledky člunkového běhu u chlapců a dívek



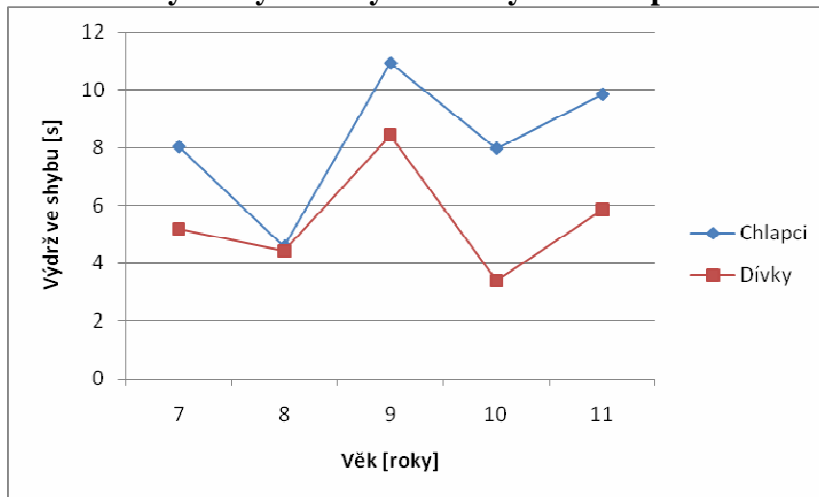
Graf 7

Průměrné výsledky skoku dalekého z místa u chlapců a dívek



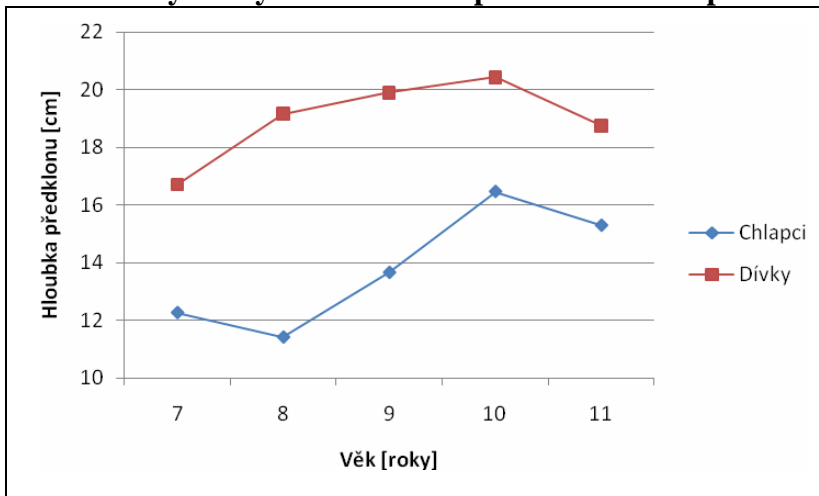
Graf 8

Průměrné výsledky testu výdrž ve shybu u chlapců a dívek



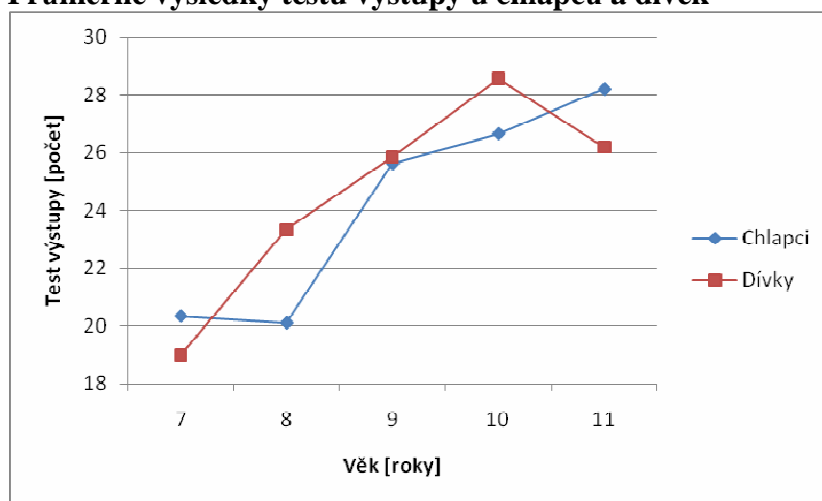
Graf 9

Průměrné výsledky testu hloubka předklonu u chlapců a dívek



Graf 10

Průměrné výsledky testu výstupy u chlapců a dívek



Příloha I.

Tabulka 1

Porovnání výsledků v testu člunkový běh u chlapců a dívek ve věku 7-11 let s reprezentativním vzorkem české dětské populace

Věk (roky)	Pohlaví	n	x (s)	SD (s)	x_N (s)	SD_N (s)	p
7	chlapci	16	14,3	0,7	13,0	0,8	0,000*
	dívky	10	14,6	0,8	13,8	0,9	0,012*
8	chlapci	13	14,3	1,3	12,9	2,3	0,040*
	dívky	12	13,7	0,8	13,2	0,8	0,057
9	chlapci	24	13,0	0,9	12,6	1,0	0,101
	dívky	22	13,5	1,0	13,3	1,0	0,437
10	chlapci	10	12,6	1,4	12,6	0,7	1,000
	dívky	12	12,8	0,9	13,1	0,4	0,082
11	chlapci	14	12,1	0,7	10,9	2,7	0,106
	dívky	11	13,0	1,2	12,4	0,8	0,045*

*Legenda: n – počet jedinců souboru u skupiny Kralupy, x – aritmetický průměr u skupiny Kralupy, SD – směrodatná odchylka, x_N – aritmetický průměr u srovnávací skupiny (Bunc, 2000), SD_N – směrodatná odchylka srovnávací skupiny (Bunc, 2000a), p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * statisticky významné na p<0,05*

Tabulka 2

Porovnání výsledků v testu skok daleký z místa u chlapců a dívek ve věku 7-11 let s reprezentativním vzorkem české dětské populace

Věk (roky)	Pohlaví	n	x (cm)	SD (cm)	x_N (cm)	SD_N (cm)	p
7	chlapci	16	125,8	14,7	124,2	16,4	0,729
	dívky	10	113,0	13,8	115,5	13,3	0,592
8	chlapci	13	123,2	24,8	127,1	25,3	0,621
	dívky	12	121,7	16,7	123,1	20,4	0,826
9	chlapci	24	139,5	15,6	138,1	18,1	0,746
	dívky	22	133,7	17,1	129,8	20,5	0,438
10	chlapci	10	137,4	21,4	142,7	19,1	0,435
	dívky	12	142,2	19,2	136,6	17,4	0,330
11	chlapci	14	155,4	21,7	152,9	39,0	0,819
	dívky	11	145,4	28,2	158,2	17,6	0,057

*Legenda: n – počet jedinců souboru u skupiny Kralupy, x – aritmetický průměr u skupiny Kralupy, SD – směrodatná odchylka, x_N – aritmetický průměr u srovnávací skupiny (Bunc, 2000), SD_N – směrodatná odchylka srovnávací skupiny (Bunc, 2000a), p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * statisticky významné na p<0,05*

Tabulka 3

Porovnání výsledků v testu výdrž ve shybu u chlapců a dívek ve věku 7-11 let s reprezentativním vzorkem české dětské populace

Věk (roky)	Pohlaví	n	x (s)	SD (s)	x_N (s)	SD_N (s)	p
7	chlapci	16	8,0	5,3	9,3	8,3	0,559
	dívky	10	5,2	3,8	8,6	6,6	0,122
8	chlapci	13	4,6	5,5	14,9	11,5	0,003*
	dívky	12	4,4	3,5	8,6	8,2	0,089
9	chlapci	24	10,9	10,6	20,6	17,9	0,017*
	dívky	22	8,4	14,9	12,6	7,8	0,121
10	chlapci	10	8,0	11,3	21,5	17,7	0,024*
	dívky	12	3,4	3,4	11,9	10,6	0,008*
11	chlapci	14	9,9	6,9	15,6	15,3	0,182
	dívky	11	5,9	7,7	10,1	11,0	0,235

Legenda: n – počet jedinců souboru u skupiny Kralupy, x – aritmetický průměr u skupiny Kralupy, SD – směrodatná odchylka, x_N – aritmetický průměr u srovnávací skupiny (Bunc, 2000), SD_N – směrodatná odchylka srovnávací skupiny (Bunc, 2000a), p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 4

Porovnání výsledků v testu hloubka předklonu u chlapců a dívek ve věku 7-11 let s reprezentativním vzorkem české dětské populace

Věk (roky)	Pohlaví	n	x (cm)	SD (cm)	x_N (cm)	SD_N (cm)	p
7	chlapci	16	12,3	6,2	19,2	8,9	0,005*
	dívky	10	16,7	5,3	15,6	7,3	0,653
8	chlapci	13	11,4	9,0	21,2	7,0	0,000*
	dívky	12	19,2	7,3	22,4	4,5	0,057
9	chlapci	24	13,7	5,4	19,2	4,9	0,000*
	dívky	22	19,9	7,1	22,4	4,7	0,082
10	chlapci	10	16,5	9,8	19,9	2,5	0,033*
	dívky	12	20,4	8,1	22,4	4,2	0,231
11	chlapci	14	15,3	5,6	19,9	8,8	0,069
	dívky	11	18,8	7,4	21,7	5,3	0,133

Legenda: n – počet jedinců souboru u skupiny Kralupy, x – aritmetický průměr u skupiny Kralupy, SD – směrodatná odchylka, x_N – aritmetický průměr u srovnávací skupiny (Bunc, 2000a), SD_N – směrodatná odchylka srovnávací skupiny (Bunc, 2000), p – minimální hladina pravděpodobnosti, od níž zamítneme nulovou hypotézu o shodě průměrů, * statisticky významné na $p < 0,05$

Příloha II.

Tabulka 5
Kolmogorovův-Smirnovův test normality

		N	max D	p
Stoj s očima otevřenýma	SD X	154	0,179	p < ,01
	SD Y	154	0,188	p < ,01
	Rychlost COP	154	0,182	p < ,01
	SD rychlosti	154	0,261	p < ,01
Stoj s očima zavřenýma	SD X	154	0,178	p < ,01
	SD Y	154	0,146	p < ,01
	Rychlost COP	154	0,165	p < ,01
	SD rychlosti	154	0,193	p < ,01
Stoj na dominantní noze	SD X	153	0,263	p < ,01
	SD Y	153	0,168	p < ,01
	Rychlost COP	153	0,227	p < ,01
	SD rychlosti	153	0,356	p < ,01
Stoj na nedominantní noze	SD X	153	0,272	p < ,01
	SD Y	153	0,188	p < ,01
	Rychlost COP	153	0,182	p < ,01
	SD rychlosti	153	0,297	p < ,01

Příloha III.

Tabulka 6

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: SD X a SD Y ve stoji s otevřenýma očima (Mann-Whitneyův test)

Věková kategorie	Parametr	\bar{X}_{chlapci} (mm)	$\bar{X}_{\text{dívky}}$ (mm)	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	SD X	2,59	1,94	7250	4685	2270	2,407	0,016*
	SD Y	2,95	2,26	7273	4662	2247	2,491	0,013*
7 let	SD X	3,39	3,30	230	121	66	0,738	0,461
	SD Y	3,80	2,52	223	128	73	0,369	0,712
8 let	SD X	3,03	1,98	198	127	49	1,577	0,115
	SD Y	3,24	2,34	204	121	43,	1,904	0,057
9 let	SD X	2,67	1,61	664	417	164	2,199	0,028*
	SD Y	3,11	2,09	678	403	150	2,507	0,012*
10 let	SD X	1,49	1,80	91	162	36	-1,583	0,114
	SD Y	2,32	2,59	118	135	57	0,198	0,843
11 let	SD X	1,80	1,47	197	128	62	0,821	0,412
	SD Y	2,02	1,83	201	124	58	1,040	0,298

Legenda: \bar{X}_{chlapci} - průměr u skupiny chlapců, $\bar{X}_{\text{dívky}}$ - průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 7

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: SD X a SD Y ve stoji se zavřenýma očima (Mann-Whitneyův test)

Věková kategorie	Parametr	X_{chlapci} (mm)	$X_{\text{dívky}}$ (mm)	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	SD X	3,30	2,53	7474	4461	2046	3,221	0,001*
	SD Y	3,64	2,93	7043	4892	2477	1,655	0,098
7 let	SD X	4,11	3,60	241	110	55	1,318	0,188
	SD Y	3,57	2,78	229	122	67	0,685	0,493
8 let	SD X	3,82	2,87	191	134	56	1,197	0,231
	SD Y	5,20	3,88	187	138	60	0,979	0,328
9 let	SD X	3,17	2,26	639	442	189	1,649	0,099
	SD Y	3,89	2,74	603	478	225	0,858	0,391
10 let	SD X	2,65	2,38	124	129	51	0,593	0,553
	SD Y	3,03	2,94	118	135	57	0,198	0,843
11 let	SD X	2,28	2,01	193	132	66	0,602	0,547
	SD Y	2,29	1,92	199	126	60	0,931	0,352

*Legenda: X_{chlapci} - průměr u skupiny chlapců, $X_{\text{dívky}}$ - průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 8

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: rychlost COP a SD rychlosti ve stoji s otevřenými očima (Mann-Whitneyův test)

Věk	Parametr	X_{chlapci}	$X_{\text{dívky}}$	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	Rychlost COP	5,23	4,15	7393	4542	2127	2,927	0,003*
	SD rychlosti	4,80	3,52	7445	4490	2075	3,115	0,002*
7 let	Rychlost COP	7,18	5,76	228	123	68	0,632	0,527
	SD rychlosti	6,51	6,04	230	121	66	0,738	0,461
8 let	Rychlost COP	5,74	4,64	202	123	45	1,795	0,073
	SD rychlosti	5,29	3,47	207	118	40	2,067	0,039*
9 let	Rychlost COP	4,84	3,61	670	411	158	2,330	0,020*
	SD rychlosti	4,22	2,85	697	384	131	2,925	0,003*
10 let	Rychlost COP	4,03	4,12	110	143	55	-0,330	0,742
	SD rychlosti	3,22	3,34	93	160	38	-1,451	0,147
11 let	Rychlost COP	3,87	3,13	216	109	43	1,861	0,063
	SD rychlosti	3,45	2,75	217	108	42	1,916	0,055

*Legenda: Věk – věková kategorie, X_{chlapci} – průměr u skupiny chlapců, $X_{\text{dívky}}$ – průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 9

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: rychlost COP a SD rychlosti ve stoji se zavřenýma očima (Mann-Whitneyův test)

Věk	Parametr	\bar{X} chlapci	\bar{X} dívky	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	Rychlost COP	7,57	6,07	7472	4463	2048	3,214	0,001*
	SD rychlosti	6,74	5,40	7441	4494	2079	3,101	0,002*
7 let	Rychlost COP	9,03	7,65	243	108	53	1,423	0,155
	SD rychlosti	8,23	7,70	242	109	54	1,370	0,171
8 let	Rychlost COP	8,89	7,58	182	143	65	0,707	0,480
	SD rychlosti	7,72	6,92	180	145	67	0,598	0,550
9 let	Rychlost COP	7,48	5,45	655	426	173	2,001	0,045*
	SD rychlosti	6,43	4,68	653	428	175	1,957	0,050
10 let	Rychlost COP	6,33	5,85	130	123	45	0,989	0,323
	SD rychlosti	5,53	4,88	130	123	45	0,989	0,323
11 let	Rychlost COP	5,36	4,62	200	125	59	0,985	0,324
	SD rychlosti	4,63	3,80	200	125	59	0,985	0,324

*Legenda: Věk – věková kategorie, $\bar{X}_{chlapci}$ - průměr u skupiny chlapců, $\bar{X}_{dívky}$ - průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 10

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: SD X a SD Y ve stoji na dominantní noze (Mann-Whitneyův test)

Věk	Parametr	X_{chlapci}	$X_{\text{dívky}}$	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	SD X	6,09	4,08	7499	4282	1867	3,780	0,000*
	SD Y	7,69	5,93	7206	4575	2160	2,706	0,007*
7 let	SD X	11,46	5,34	216	109	54	1,165	0,244
	SD Y	12,02	7,81	216	109	54	1,165	0,244
8 let	SD X	5,45	4,66	187	138	60	0,979	0,328
	SD Y	6,27	7,22	152	173	61	-0,925	0,355
9 let	SD X	5,40	3,91	687	394	141	2,705	0,007*
	SD Y	6,59	5,86	613	468	215	1,078	0,281
10 let	SD X	3,56	3,50	117	136	58	0,132	0,895
	SD Y	5,64	4,71	132	121	43	1,121	0,262
11 let	SD X	4,39	3,21	231	94	28	2,683	0,007*
	SD Y	7,13	4,36	235	90	24	2,901	0,004*

Legenda: Věk – věková kategorie, X_{chlapci} – průměr u skupiny chlapců, $X_{\text{dívky}}$ – průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 11

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: SD X a SD Y ve stoji na nedominantní noze (Mann-Whitneyův test)

Věk	Parametr	X_{chlapci}	$X_{\text{dívky}}$	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	SD X	10,21	6,63	7334	4447	2032	3,175	0,002*
	SD Y	11,08	8,59	7146	4635	2220	2,486	0,013*
7 let	SD X	19,35	9,92	224	101	46	1,609	0,108
	SD Y	17,57	12,59	215	110	55	1,109	0,267
8 let	SD X	10,82	5,68	197	128	50	1,523	0,128
	SD Y	10,33	8,02	197	128	50	1,523	0,128
9 let	SD X	9,48	7,97	656	425	172	2,023	0,043*
	SD Y	11,27	9,12	647	434	181	1,825	0,068
10 let	SD X	4,63	4,15	126	127	49	0,725	0,468
	SD Y	5,89	6,25	100	153	45	-0,989	0,323
11 let	SD X	5,65	4,63	207	118	52	1,369	0,171
	SD Y	7,01	7,63	183	142	76	0,055	0,956

Legenda: Věk – věková kategorie, X_{chlapci} – průměr u skupiny chlapců, $X_{\text{dívky}}$ – průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, i od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$

Tabulka 12

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: rychlost COP a SD rychlosti ve stoji na dominantní noze (Mann-Whitneyův test)

Věk	Parametr	\bar{X} chlapci	\bar{X} dívky	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	Rychlost COP	29,68	20,45	7466	4315	1900	3,660	0,000*
	SD rychlosti	42,70	20,93	7240	4541	2126	2,831	0,005*
7 let	Rychlost COP	54,81	31,91	221	104	49	1,442	0,149
	SD rychlosti	122,47	35,47	225	100	45	1,664	0,096
8 let	Rychlost COP	28,26	22,95	204	121	43	1,904	0,057
	SD rychlosti	30,08	23,36	197	128	50	1,523	0,127
9 let	Rychlost COP	26,22	18,12	716	365	112	3,342	0,001*
	SD rychlosti	28,24	18,91	665	416	163	2,221	0,026*
10 let	Rychlost COP	17,72	18,67	111	142	56	-0,264	0,792
	SD rychlosti	16,46	17,40	111	142	56	-0,264	0,792
11 let	Rychlost COP	20,02	14,19	227	98	32	2,464	0,014*
	SD rychlosti	18,62	13,66	219	106	40	2,026	0,043*

*Legenda: Věk – věková kategorie, $\bar{X}_{chlapci}$ - průměr u skupiny chlapců, $\bar{X}_{dívky}$ - průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$*

Tabulka 13

Hodnocení rozdílů mezi chlapci a děvčaty: rychlost COP a SD rychlosti ve stoji na nedominantní noze (Mann-Whitneyův test)

Věk	Parametr	\bar{X} chlapci	\bar{X} dívky	Součet pořadí Skupina 1	Součet pořadí Skupina 2	U	Z	p
7 – 11 let	Rychlost COP	43,85	30,20	7359	4422	2007	3,267	0,001*
	SD rychlosti	79,67	39,31	7386	4395	1980	3,366	0,001*
7 let	Rychlost COP	77,92	50,58	219	106	51	1,331	0,183
	SD rychlosti	189,73	78,21	216	109	54	1,165	0,244
8 let	Rychlost COP	38,06	31,20	191	134	56	1,196	0,231
	SD rychlosti	58,77	40,80	193	132	54	1,305	0,192
9 let	Rychlost COP	43,84	26,77	705	376	123	3,101	0,002*
	SD rychlosti	73,47	36,29	700	381	128	2,991	0,003*
10 let	Rychlost COP	24,11	23,05	123	130	52	0,528	0,598
	SD rychlosti	28,77	21,71	125	128	50	0,659	0,510
11 let	Rychlost COP	26,32	25,88	202	123	57	1,095	0,274
	SD rychlosti	27,29	28,63	201	124	58	1,040	0,298

*Legenda: Věk – věková kategorie, $\bar{X}_{chlapci}$ - průměr u skupiny chlapců, $\bar{X}_{dívky}$ - průměr u skupiny dívek, U – Mann-Whitneyova statistika, Z – testovací kritérium Mann-Whitneyova testu, p - minimální hladina významnosti, od níž odmítneme nulovou hypotézu; * statisticky významné na $p < 0,05$*

Příloha IV.

Tabulka 14

Porovnání základních statistických charakteristik parametrů stability u chlapců a dívek ve věku 7-11 let ve stoji s otevřenýma očima

Věk	Pohlaví	Parametr stability	Průměr	SD	Medián
7 let	chlapci	SD X[mm]	3,386	2,557	2,693
		SD Y[mm]	3,801	5,501	2,784
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	7,184	6,303	4,830
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	6,512	7,593	3,800
	dívký	SD X[mm]	3,304	2,783	2,330
		SD Y[mm]	2,523	1,502	1,703
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	5,757	3,015	4,828
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	6,038	5,723	3,419
8 let	chlapci	SD X[mm]	3,028	1,706	2,667
		SD Y[mm]	3,240	1,285	2,931
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	5,742	1,442	5,379
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	5,288	3,980	4,399
	dívký	SD X[mm]	1,979	0,936	1,705
		SD Y[mm]	2,335	1,118	2,035
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	4,640	1,401	4,339
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	3,472	0,866	3,156
9 let	chlapci	SD X[mm]	2,672	1,725	2,222
		SD Y[mm]	3,108	1,710	2,569
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	4,836	1,768	4,362
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	4,222	1,699	3,856
	dívký	SD X[mm]	1,605	0,743	1,371
		SD Y[mm]	2,089	0,840	1,832
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	3,608	0,658	3,382
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	2,852	0,518	2,744
10 let	chlapci	SD X[mm]	1,488	0,928	1,111
		SD Y[mm]	2,323	1,539	2,022
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	4,029	1,469	3,643
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	3,221	1,577	2,601
	dívký	SD X[mm]	1,798	0,698	1,615
		SD Y[mm]	2,590	1,841	1,853
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	4,117	1,245	4,008
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	3,343	0,887	3,174
11 let	chlapci	SD X[mm]	1,796	0,877	1,653
		SD Y[mm]	2,018	1,111	1,810
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	3,870	1,126	3,594
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	3,447	1,312	3,139
	dívký	SD X[mm]	1,471	0,692	1,533
		SD Y[mm]	1,827	1,415	1,242
		Rychlost COP[mm.s ⁻¹]	3,127	0,793	3,223
		SD rychlosti[mm.s ⁻¹]	2,749	1,134	2,361

Tabulka 15

Porovnání základních statistických charakteristik parametrů stability u chlapců a dívek ve věku 7-11 let ve stoji se zavřenými očima

Věk	Pohlaví	Parametr stability	Průměr	SD	Medián
7 let	chlapci	SD X[mm]	4,109	2,344	3,020
		SD Y[mm]	3,565	2,119	3,241
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	9,029	3,744	7,661
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	8,233	4,147	6,690
	dívky	SD X[mm]	3,599	3,110	2,411
		SD Y[mm]	2,776	0,815	2,799
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	7,646	5,252	5,524
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	7,701	7,546	4,734
8 let	chlapci	SD X[mm]	3,817	2,179	3,428
		SD Y[mm]	5,204	3,096	4,238
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	8,893	4,042	8,110
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	7,719	3,866	6,784
	dívky	SD X[mm]	2,866	1,691	2,665
		SD Y[mm]	3,884	2,039	3,925
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	7,583	3,882	7,015
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	6,918	4,186	5,743
9 let	chlapci	SD X[mm]	3,174	1,856	3,040
		SD Y[mm]	3,892	2,883	2,918
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	7,484	3,367	6,469
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	6,433	2,998	5,505
	dívky	SD X[mm]	2,263	1,050	1,817
		SD Y[mm]	2,738	1,022	2,616
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	5,448	1,697	5,101
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	4,682	1,612	4,456
10 let	chlapci	SD X[mm]	2,647	1,201	2,468
		SD Y[mm]	3,025	1,530	2,725
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	6,326	1,218	6,164
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	5,531	1,433	5,325
	dívky	SD X[mm]	2,379	1,202	2,291
		SD Y[mm]	2,940	1,490	2,549
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	5,847	2,759	5,893
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	4,875	2,194	5,156
11 let	chlapci	SD X[mm]	2,276	1,085	2,057
		SD Y[mm]	2,286	1,128	2,073
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	5,362	1,948	5,261
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	4,634	1,900	4,482
	dívky	SD X[mm]	2,005	1,010	1,953
		SD Y[mm]	1,920	0,662	1,604
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	4,619	1,333	4,147
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	3,802	1,215	3,852

Tabulka 16

Porovnání základních statistických charakteristik parametrů stability u chlapců a dívek ve věku 7-11 let ve stoji na dominantní noze

Věk	Pohlaví	Parametr stability	Průměr	SD	Medián
7 let	chlapci	SD X[mm]	11,462	11,352	7,198
		SD Y[mm]	12,020	7,875	10,068
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	54,808	36,815	43,595
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	122,469	155,653	49,551
	dívky	SD X[mm]	5,343	1,740	4,799
		SD Y[mm]	7,813	3,076	7,114
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	31,914	14,155	28,183
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	35,467	20,499	26,518
8 let	chlapci	SD X[mm]	5,454	2,251	4,638
		SD Y[mm]	6,269	2,294	6,145
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	28,262	8,555	25,562
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	30,079	22,060	21,736
	dívky	SD X[mm]	4,660	1,337	4,333
		SD Y[mm]	7,224	3,356	7,416
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	22,952	7,618	22,025
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	23,362	12,996	18,844
9 let	chlapci	SD X[mm]	5,398	2,860	4,688
		SD Y[mm]	6,592	2,809	6,347
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	26,219	13,229	23,069
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	28,237	24,922	21,173
	dívky	SD X[mm]	3,910	1,498	3,417
		SD Y[mm]	5,860	2,645	5,265
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	18,115	6,743	17,072
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	18,914	8,959	16,134
10 let	chlapci	SD X[mm]	3,557	0,742	3,420
		SD Y[mm]	5,640	1,739	5,148
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	17,720	4,731	17,938
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	16,457	4,863	16,760
	dívky	SD X[mm]	3,502	0,510	3,408
		SD Y[mm]	4,709	1,135	4,540
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	18,673	3,694	18,474
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	17,404	3,711	16,820
11 let	chlapci	SD X[mm]	4,387	0,906	4,604
		SD Y[mm]	7,131	2,594	6,964
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	20,022	7,135	17,493
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	18,618	6,334	16,794
	dívky	SD X[mm]	3,211	0,956	3,016
		SD Y[mm]	4,359	1,619	3,891
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	14,187	4,504	14,307
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	13,658	4,514	12,060

Tabulka 17

Porovnání základních statistických charakteristik parametrů stability u chlapců a dívek ve věku 7-11 let ve stoji na nedominantní noze

Věk	Pohlaví	Parametr stability	Průměr	SD	Medián
7 let	chlapci	SD X[mm]	19,347	16,436	20,031
		SD Y[mm]	17,572	9,909	14,351
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	77,917	51,637	62,916
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	189,727	252,716	141,862
	dívky	SD X[mm]	9,922	4,572	7,583
		SD Y[mm]	12,585	5,503	10,268
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	50,582	13,806	49,559
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	78,204	32,252	81,229
8 let	chlapci	SD X[mm]	10,824	9,644	6,159
		SD Y[mm]	10,325	3,899	10,368
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	38,056	16,083	31,042
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	58,771	41,871	44,092
	dívky	SD X[mm]	5,681	1,795	5,455
		SD Y[mm]	8,021	4,064	7,334
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	31,195	14,354	29,012
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	40,799	27,589	30,485
9 let	chlapci	SD X[mm]	9,483	7,321	6,180
		SD Y[mm]	11,271	5,950	10,641
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	43,837	22,123	39,246
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	73,468	49,518	71,034
	dívky	SD X[mm]	7,972	8,778	4,538
		SD Y[mm]	9,117	6,552	7,324
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	26,765	16,177	20,508
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	36,294	38,945	18,952
10 let	chlapci	SD X[mm]	4,626	1,417	4,557
		SD Y[mm]	5,890	1,959	5,365
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	24,106	7,256	24,666
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	28,768	18,959	23,367
	dívky	SD X[mm]	4,145	0,676	4,395
		SD Y[mm]	6,246	1,306	5,910
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	23,052	5,253	23,361
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	21,710	4,561	22,352
11 let	chlapci	SD X[mm]	5,654	3,903	4,394
		SD Y[mm]	7,014	3,089	5,982
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	26,315	12,629	22,872
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	27,290	16,960	21,969
	dívky	SD X[mm]	4,634	3,110	3,824
		SD Y[mm]	7,625	5,488	6,439
		Rychlost COP[mm.s⁻¹]	25,875	25,161	17,681
		SD rychlosti[mm.s⁻¹]	28,630	35,131	19,336

Příloha V.

Tabulka 18
Porovnání rychlosti COP ve stoji na dominantní noze ve skupinách
rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu (Mediánový test)

Celkový medián = 19,21mm/s, Chi-Square = 6,545625, df = 3, p = 0,0879

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot ≤ mediánu	8	23	36	5	72
Očekávaný počet	10,06993	27,69231	31,21678	3,02098	
Skutečný – očekávaný počet	-2,06993	-4,69231	4,78322	1,97902	
Počet hodnot > medián	12	32	26	1	71
Očekávaný počet	9,93007	27,30769	30,78322	2,97902	
Skutečný – očekávaný počet	2,06993	4,69231	-4,78322	-1,97902	
Celkem pozorovaný	20	55	62	6	143

Legenda: skupina 1 – podprůměrný výsledek, skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek, skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek, 4 – nadprůměrný výsledek

Tabulka 19
Porovnání SD rychlosti COP ve stoji na dominantní noze ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu (Mediánový test)

Celkový medián = 18,73574 mm/s, Chi-Square = 7,982646, df = 3, p = 0,0464

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot ≤ mediánu	8	22	37	5	72
Očekávaný počet	10,06993	27,69231	31,21678	3,02098	
Skutečný – očekávaný počet	-2,06993	-5,69231	5,78322	1,97902	
Počet hodnot > medián	12	33	25	1	71
Očekávaný počet	9,93007	27,30769	30,78322	2,97902	
Skutečný – očekávaný počet	2,06993	5,69231	-5,78322	-1,97902	
Celkem pozorovaný	20	55	62	6	143

Legenda: skupina 1 – podprůměrný výsledek, skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek, skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek, 4 – nadprůměrný výsledek

Tabulka 20**Porovnání rychlosti COP ve stoji na nedominantní noze ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu (Mediánový test)**

Celkový medián = 27,88698 mm/s, Chi-Square = 14,04589, df = 3, p = 0,0028

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot ≤ mediánu	8	20	38	6	72
Očekávaný počet	10,06993	27,69231	31,21678	3,02098	
Skutečný – očekávaný počet	-2,06993	-7,69231	6,78322	2,97902	
Počet hodnot > medián	12	35	24	0	71
Očekávaný počet	9,93007	27,30769	30,78322	2,97902	
Skutečný – očekávaný počet	2,06993	7,69231	-6,78322	-2,97902	
Celkem pozorovaný	20	55	62	6	143

Legenda: skupina 1 – podprůměrný výsledek, skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek, skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek, 4 – nadprůměrný výsledek

Tabulka 21**Porovnání SD rychlosti COP ve stoji na nedominantní noze ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu (Mediánový test)**

Celkový medián = 27,80819 mm/s, Chi-Square =14,02771, df = 3, p = 0,0029

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot ≤ mediánu	7	21	38	6	72
Očekávaný počet	10,06993	27,69231	31,21678	3,02098	
Skutečný – očekávaný počet	-3,06993	-6,69231	6,78322	2,97902	
Počet hodnot > medián	13	34	24	0	71
Očekávaný počet	9,93007	27,30769	30,78322	2,97902	
Skutečný – očekávaný počet	3,06993	6,69231	-6,78322	-2,97902	
Celkem pozorovaný	20	55	62	6	143

Legenda: skupina 1 – podprůměrný výsledek, skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek, skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek, 4 – nadprůměrný výsledek

Tabulka 22

Porovnání směrodatné odchylky výkyvů ve směru bočním (SD X) ve stoji na nedominantní noze ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu (Mediánový test)

Celkový medián = 4,990354 mm, Chi-Square =8,255385, df = 3, p = 0,0410

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot ≤ mediánu	9	21	37	5	72
Očekávaný počet	10,06993	27,69231	31,21678	3,02098	
Skutečný – očekávaný počet	-1,06993	-6,69231	5,78322	1,97902	
Počet hodnot > medián	11	34	25	1	71
Očekávaný počet	9,93007	27,30769	30,78322	2,97902	
Skutečný – očekávaný počet	1,06993	6,69231	-5,78322	-1,97902	
Celkem pozorovaný	20	55	62	6	143

Legenda: skupina 1 – podprůměrný výsledek, skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek, skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek, 4 – nadprůměrný výsledek

Tabulka 23

Porovnání směrodatné odchylky výkyvů ve směru předozadním (SD Y) ve stoji na nedominantní noze ve skupinách rozdělených podle výkonnosti v testu skok daleký z místa (Mediánový test)

Celkový medián = 2,688325 mm, Chi-Square =7,667917, df = 3, p = 0,0534

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot \leq mediánu	23	30	16	2	71
Očekávaný počet	26	22,5	20,5	2	
Skutečný – očekávaný počet	-3	7,5	-4,5	0	
Počet hodnot $>$ medián	29	15	25	2	71
Očekávaný počet	26	22,5	20,5	2	
Skutečný – očekávaný počet	3	-7,5	4,5	0	
Celkem pozorovaný	52	45	41	4	142

Legenda: skupina 1 – podprůměrný výsledek, skupina 2 – mírně podprůměrný výsledek, skupina 3 – průměrný až mírně nadprůměrný výsledek, 4 – nadprůměrný výsledek

Tabulka 24

Porovnání směrodatné odchylky výkyvů ve směru bočním (SD X) ve stoji s očima otevřenými ve skupinách rozdělených podle množství pohybové aktivity (Mediánový test)

Celkový medián = 1,750106 mm, Chi-Square = 13,66898, df = 3, p = 0,0034

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Celkem
Počet hodnot \leq mediánu	2	4	7	9	22
Očekávaný počet	7,67442	2,55814	5,62791	6,13953	
Skutečný – očekávaný počet	-5,67442	1,44186	1,37209	2,86047	
Počet hodnot $>$ medián	13	1	4	3	21
Očekávaný počet	7,32558	2,44186	5,37209	5,86047	
Skutečný – očekávaný počet	5,67442	-1,44186	-1,37209	-2,86047	
Celkem pozorovaný	15	5	11	12	43

Legenda: skupina 1 – 0 minut pohybové aktivity za týden, skupina 2 – 60 minut pohybové aktivity za týden, skupina 3 – 120 minut pohybové aktivity za týden, 4 – 180 a více minut pohybové aktivity za týden