

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Autoreferát disertační práce v oboru kinantropologie

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

Autor: Mgr. Lenka Černá
Školící pracoviště: Laboratoř sportovní motoriky
Školitel: Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Období zpracování disertační práce: 2008-2010

Disertační práce představuje původní rukopis. S jejím plným textem se lze seznámit
v Ústřední tělovýchovné knihovně, José Martího 31, 162 52 Praha 6.

Oponenti:

.....

Datum konání obhajoby:.....

Předseda komise pro obhajobu:.....

Úvod a problém

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 složitěho komplexního regulačního systému, který používá informace o poloze těla ve vztahu ke gravitaci a okolnímu prostředí získávané prostřednictvím senzoričských systémů. Jde o informace somatosenzoričské, 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 senzoričské 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).

První polovina období mladšího školního věku 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 (Turek, 1999). Období mladšího školního věku lze označit za období nejintenzivnějšího rozvoje koordinačních schopností (Hirtz, 1985, Havel, Hnízdil et al., 2010, Kohoutek et al., 2005, Měkota, Novosad, 2005), který je mimo jiné i důsledkem dozrávání centrálního nervového systému. Do období spadá i senzitivní období rovnováhové schopnosti (Belej, 2001, Hirtz, 1985, Kohoutek et al., 2005).

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. Lebedowska, 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).

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.

Cíl práce

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.

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.

Úkoly

Pro splnění cíle práce bylo nutné splnit následující úkoly:

- 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
- 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

- stanovit proměnné, na základě kterých lze usuzovat na změny v posturální stabilitě
- provést empirické šetření zahrnující měření posturální stability v různých typech stoje a podmínkách a měření vybraných somatických a motorických charakteristik
- získané údaje zpracovat, analyzovat a porovnat výsledky ve věkových kategoriích u chlapců a dívek
- zvolit vhodné metody statistické analýzy vzhledem k cíli práce a ověření stanovených hypotéz
- přehledně prezentovat výsledky v hlavní části práce
- na základě výsledků vypracovat diskusi a stanovit závěry práce.

Metody

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. Soubor tvořilo 154 dětí prvního stupně základní školy (z toho 85 chlapců a 69 dívek).

Sběr dat

Somatická měření

- tělesná výška
- tělesná hmotnost
- index tělesné plnosti (BMI)

Složení těla

Bylo měřeno pomocí celotělové bioimpedance na multifrekvenčním přístroji Nutriguard-M (Data Input GmbH, Germany). 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

- člunkový běh (4x10 metrů)
- skok daleký z místa
- výdrž ve shybu

- hloubka předklonu
- 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, test 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 sensorům tlakové snímací desky FOOTSCAN. Je konstruována jako plošina velikosti 0,5 m x 0,4 m, na níž je umístěno přibližně 4100 sensorů s citlivostí od desetin N/cm^2 a se snímací frekvencí 33 Hz. Snímací deska vyhodnocuje tlakové zatížení jednotlivých sensorů 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.

Analýza a zpracování 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%. 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 otevřenými a zavřenými 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).

Výsledky a diskuse

Somatická měření a složení těla

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 90. percentil). Výjimkou jsou sedmileté dívky dosahující 30. percentil. Také hodnoty BMI se pohybovaly nad úrovní 75. percentilu opět s výjimkou sedmiletých dívek.

Podobné rozdíly mezi chlapci a dívkami jako u našeho souboru naměřili Vignerová, Bláha (2001) při sledování růstu českých dětí. V tomto měření však převyšují dívky chlapce

ve výšce a hmotnosti až od desíti let, zatímco u našeho souboru jsou dívky vyšší již v devíti letech a hmotnost mají dívky výrazně vyšší až v jedenácti letech.

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.

Motorické testy a pohybová aktivita

Při porovnání výsledků v motorických testech u dětí našeho souboru s výsledky u reprezentativního vzorku dětské populace (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 statisticky významně lepší ($p < 0,05$). V ostatních případech byly děti našeho souboru podprůměrné.

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.

Posturální stabilita

Z výsledků měření posturální stability 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). Velikost směrodatných odchylek výkyvů v bočním a předozadním směru (SD X a SD Y) ve stoji s otevřenými očima 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 zavřenýma očima se u průměrné velikosti směrodatné odchylky výkyvů v bočním směru (SD X) objevil podobný trend jako ve stoji s očima otevřenýma. 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 ve stoji se zavřenýma očima vykázal 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.

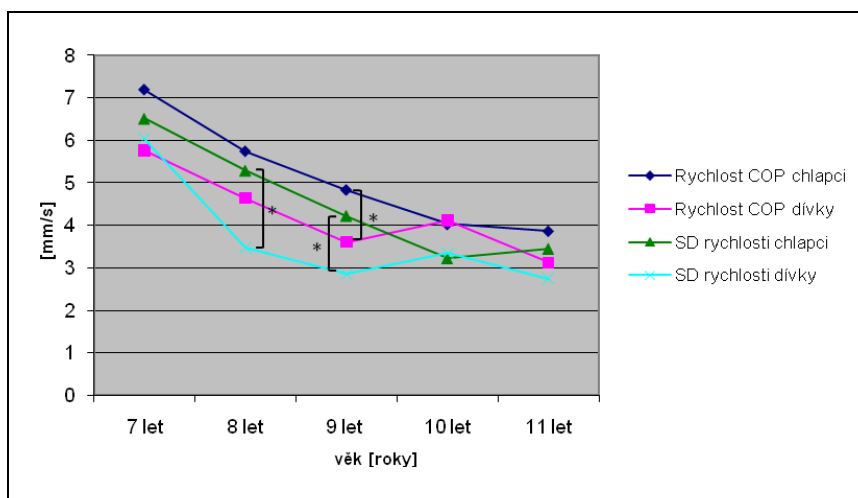
Od deseti let je zřetelný trend vyrovnávání velikosti výkyvů ve stoji se zavřenýma očima u dívek a u chlapců. V deseti a jedenácti letech jsou rozdíly ve velikosti výkyvů mezi chlapci a dívkami minimální. Zajímavé je, že ve stoji s očima otevřenýma se u desetiletých dívek objevila tendence k vyšším průměrným hodnotám směrodatných odchylek výkyvů v obou směrech (SD X i SD Y) než u chlapců. Ve stoji se zavřenýma očima jsme tuto tendenci nepozorovali, naopak zde měly dívky tyto hodnoty nižší. Důvodem, proč měla děvčata ve stoji se zavřenýma 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.

Ve věkových skupinách chlapců a dívek byl nejzřetelnější rozdíl v devíti letech, kdy dívky mají statisticky významně nižší SD X i SD Y. Také 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 otevřenýma 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.

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.

Graf 1

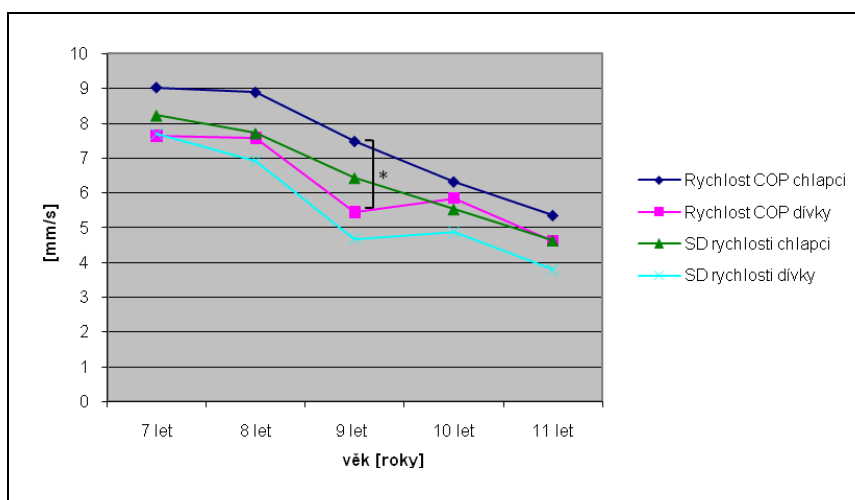
Průměrné hodnoty rychlosti COP a SD rychlosti u chlapců a dívek ve věkových kategoriích ve stoji s očima otevřenými



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

Graf 2

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 ($p < 0,05$)*

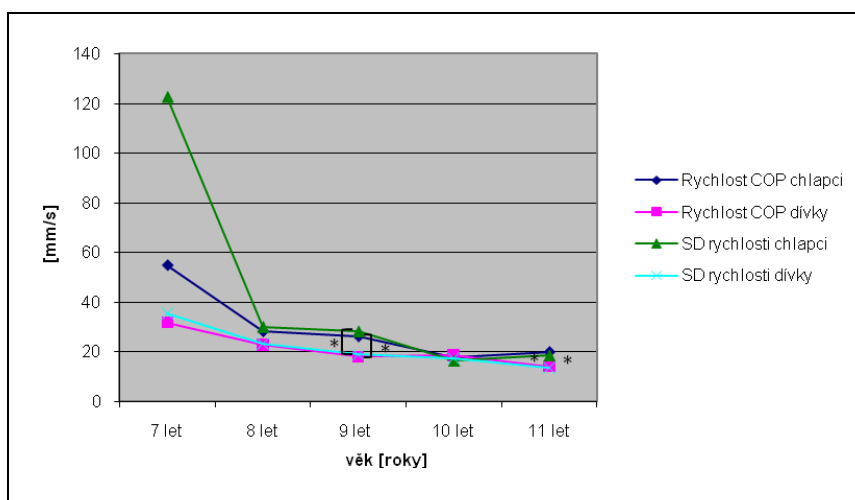
Vlivu pohlaví na posturální stabilitu se v minulosti věnovalo několik prací (Demura et al., 2006, Geldhof et al., 2006, Nolan et al., 2005, Riach, Hayes, 1987). Vliv pohlaví a rozdíly mezi chlapci a dívkami nejsou v každém období stejné a rozdíl je také ovlivněn přítomností a nepřítomností zrakové kontroly. 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).

Ve stoji na jedné noze je pokles velikosti směrodatných odchylek výkyvů v bočním a předozadním směru (SD X a SD Y) 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.

Rychlost COP ve stoji na jedné noze u chlapců a dívek má tendenci se s věkem snižovat. Graf 3 znázorňuje vývoj rychlosti COP a SD rychlosti ve stoji na dominantní noze.

Graf 3

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 ($p < 0,05$)

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 senzoričkových vstupů a mozečkových funkcí.

Posturální stabilita a somatické ukazatele

Na základě analýzy závislostí parametrů stability ve stoji s otevřenými 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.

Ve stoji se zavřenými očima má u chlapců i dívek nejsilnější vliv na vybrané parametry posturální stability věk. Věcná významnost vztahů nalezených mezi věkem a somatickými parametry a vybranými parametry posturální stability ve stoji se zavřenými

očima není velká a u žádné ze zjištěných závislostí nepřesahuje 14% determinace. Vypovídá to o skutečnosti, že roli hrají další faktory.

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.

Ve stoji na jedné noze měl nejsilnější vztah k parametrům stability věk (Tabulka 1 a tabulka 2). 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 jednožákem a somatickými faktory výraznější než ve stoji na obou nohách, ani zde nelze žádný z faktorů považovat za určující pro posturální stabilitu.

Tabulka 1

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 2

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 $p < 0,05$*

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.

Posturální stabilita a výsledky v motorických testech

U posturální stability ve stoji na obou nohách jsme nenalezli mnoho významných vztahů s provedenými motorickými testy, ojedinělé signifikantní korelace potvrzujeme jen u chlapců. 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 (tabulka 3 a 4).

Tabulka 3

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 4

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 $p < 0,05$*

Výsledky korelační analýzy naznačují, že testy, které vyžadují silové a rychlostí schopnosti dolních končetin, jsou ve vztahu k určitým aspektům posturální stability ve stoji na jedné noze.

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.

Tabulka 5

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 $p < 0,05$

Předpoklad o odlišnosti parametrů posturální stability ve skupinách rozdělených podle výkonnosti se zčásti potvrdil u skupin rozdělených podle výkonnosti v člunkovém běhu (tabulka 5), 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.

Posturální stabilita a pohybová aktivita

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 otevřenýma 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. 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 otevřenýma. U ostatních věkových skupin a dalších parametrů jsme podobné vztahy nezaznamenali.

Závěr

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.

Výsledky měření parametrů posturální stability ve stoji s otevřenýma očima, zavřenýma 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.

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 otevřenýma očima u chlapců i dívek. Tento trend je u dívek výrazný do devíti let, u chlapců do desíti let.

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.

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.

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 otevřenými očima, ve stoji se zavřenými 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.

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. Tím potvrzujeme hypotézu 2 (H2)

Hmotnost a výška těla ovlivňují posturální stabilitu nevýrazně.

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

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.

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

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.

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.

Použitá literatura

1. BELEJ, M. *Motorické učenie*. 2. vyd. Prešov: PU, 2001. ISBN 80-8068-041-8.
2. 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.
3. BUNC, V. et al. *Školní mládež na konci dvacátého století. Závěrečná zpráva o řešení projektu MŠMT – ČR VS 97 131*. Praha: FTVS UK, 2000a.
4. 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.
5. CHIARI, L., ROCCHI, L., CAPPELLO, A. Stabilometric parameters are affected by antropometey and foot placement. *Clinical Biomechanics*, 17, 2002, s. 666–677.
6. 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.
7. 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.
8. FIGURA, F., CAMA, G., CAPRANICA, L., GUIDETTI, L., PULEJO, C. Assesment of static balance in children. *The Journal of Sports Medicines and Physical Fitness*. 31, 1991, s. 235-242.

9. 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.
10. 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.
11. HAY, L., REDON, C. Development of postural adaptation to arm raising. *Exp. Brain Res.* 139 (2), 1999, s. 224-232.
12. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1.
13. HIRTZ, P. *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1985.
14. HYTÖNEN, M., PYYKKÖ, I., AALTO, H., STARCK, J. Postural Control and age. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 113, 1993, s. 119-122.
15. KAŇOVSKÝ, P., HERZIG, R. et al. *Obecná neurologie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007. ISBN 978-80-244-1663-2.
16. KAPTEYN, T., S., BLES, W., NJIOKIKTIJEN, 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.
17. 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.
18. 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.
19. KOPECKÝ, M. *Somatotyp a motorická výkonnost dětí*. Habilitační práce. Olomouc: Pedagogická fakulta Univerzity Palackého, 2005.
20. LEBIEDOVSKA, M., K., SYCZEWSKA, M. Invariant sway properties in children. *Gait & Posture*, 12, 2000, s. 200-204.
21. MALINA, R. M., BOUCHARD, C. BAR-OR, O. *Growth, maturation and physical activity*. 2. vyd. Champaign: Human Kinetics, 2004. ISBN 0-88611-882-2.

22. 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.
23. MĚKOTA, K., BLAHUŠ, P. *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: SPN, 1983.
24. MĚKOTA, K., KOVÁŘ, R., ŠTĚPNIČKA, J. *Anropomotorika II*. Praha: SPN, 1988.
25. MĚKOTA, K., NOVOSAD, J. *Motorické schopnosti*. Olomouc: UP, 2005. ISBN 80-244-0981.
26. MLÍKA, R. *Dynamická analýza posturálních změn při modifikovaném vizuálním vstupu a aplikaci externího silového podnětu*. Disertační práce. Olomouc: FTK Univerzity Palackého, 2008.
27. MORAVEC, R. et al. EUROFIT – *Telesný rozvoj a pohybová výkonnosť školskej populácie na Slovensku*. 1. vyd. Bratislava: SVSTVŠ, 1996. ISBN 80-967487-1-8.
28. 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.
29. ODENRICK, P., SANDTEDT, P., LENNERSTRAND, G. Postural sway and gait of children with convergent strabismus. *Dev Med Child Neurol*, 26, 1984, s. 495-499.
30. PEETERS, H., BRESLAU, E., MOL, J., CABERG, H. Analysis of posturographic measurements on children. *Med. & Biol. Eng. & Comput*, 1984, 22, s. 317-321.
31. 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.
32. RIACH, C., L., HAYES, K., C. Maturation of postural sway in young children. *Dev Med Child Neurol*, 29, 1987, s. 650-658.
33. RIVAL, C., CEYTE, H., OLIVIER, I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*, 376, 2005, s. 133-136.
34. ROWLAND, T., W. *Development Exercise Physiology*. Champaign: Human Kinetics, 1996. ISBN 6-87322-640-2.
35. SHINTAKU, Y., OHKUWA, T., YABE, K. Effects of physical fitness level on postural sway in young children. *Anthropological Science*, 113, 2005, s. 237-244.
36. SHUMWAY-COOK, M., WOOLLACOTT, M. H. *Motor control. Theory and Practical Application*. Lippincott: Williams & Wilkins, 2001. ISBN 068330643X.

37. SHUMWAY-COOK, M., WOOLLACOTT, M. H. The growth of stability: postural control from developmental perspective. *Journal of Motor behavior*, 17, 1985, s. 131-147.
38. 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.
39. SUCHOMEL, A. Somatotyp dětí s nízkou a vysokou úrovní motorické výkonnosti. *Studia Kinantropologica*, III, 1, 2002, s. 57-68. ISBN 80-7372-140-6.
40. TUREK, M.: *Telesný vývin a pohybová výkonnosť detí mladšieho školského veku*. Prešov: Pedagogická fakulta Přešovskej univerzity, 1999.
41. USUI, N., MAEKAWA, K., HIRASAWA, Y. Development of the upright postural sway of children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 37, 1995, s. 985-996.
42. VAŘEKA, I. Posturální stabilita (I. část) Terminologie a biomechanické principy. *Rehabil. Fyz. lék.*, 9, 2002 (a), 4, s. 115-121.
43. VIGNEROVÁ, J., BLÁHA, P. *Sledování růstu českých dětí a dospívajících. Norma, vyhublost, obezita*. Praha: SZÚ, 2001.
44. 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.