

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Bc. Petra Braunová

**Vliv kompenzační zátěže na vybrané parametry
posturální stability mladých tenistů**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Petra Gaul Aláčová, Ph.D.

Olomouc 2016

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

Olomouc 30. června 2016

Podpis

Děkuji své vedoucí Mgr. Petře Gaul Aláčové Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při realizaci diplomové práce. Mé díky patří i Mgr. Dagmar Tečové za pomoc se zpracováním statistických dat. Velké díky patří všem ochotným rodičům a dětem, co se zúčastnili měření, a trenérovi Vojtěchu Častulíkovi za velkou pomoc při shánění probandů.

ANOTACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název práce v ČJ:

Vliv kompenzační zátěže na vybrané parametry posturální stability mladých tenistů.

Název práce v AJ:

The effect of compensation exercise of young tennis players on specific parameters of postural stability.

Datum zadání: 2015-12-31

Datum odevzdání: 2016-06-30

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie.....

Autor práce: Braunová Petra, Bc.

Vedoucí práce: Mgr. Petra Gaul Aláčová, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Anita Můčková

Abstrakt v ČJ:

Diplomová práce se zabývá efektem kompenzačního cvičení mladých tenistů na vybrané parametry jejich posturální stability. Studie byla provedena na 13 dětech v rozmezí 8 až 16 let závodně hrajících tenis, trénujících alespoň třikrát týdně. Výzkum posturální stability byl proveden před a po kompenzační intervenci posturografickými testy Limits of Stability a Rhythmic Weight Shift přístroje NeuroCom. Kompenzační cvičení trvalo 7 týdnů a obsahovalo protahovací část, část posilovací a balanční. Část teoretická obsahuje informace o posturální stabilitě, jejím přístrojovém vyšetření, biomechanice

a kineziologii tenisu, asymetrii v tomto sportu a její nezbytné kompenzaci. Výsledkem práce bylo statisticky významné zlepšení v bodu maximálního vychýlení těžiště (Maximum Excursions) a v reakčním čase probandů na zvukový signál (Reaction Time) Limits of Stability testu. Získané výsledky byly porovnány s dostupnými studiemi.

Abstrakt v AJ:

The Master's thesis explores an effect of a compensation exercise of young tennis players on chosen parameters of postural stability. The study was realized on 13 children aged from 8 to 16 years old who play competitions and train at least 3 times a week. The research of postural stability was done before and right after the compensation by posturographic tests Limits of Stability and Rhythmic Weight Shift of NeuroCom device. The compensation exercise lasted 7 weeks and contained a stretching part, a strenghtening part and a balance part. The theoretical part contains information about postural stability, its instrument's assessment, tennis biomechanics and kinesiology, the asymmetry in this sport and its necessary compensation. The result revealed a statistical significant improvement in the point of maximal deflexion of centre of gravity (Maximum Excursions) and in probands reaction time on acoustic signal (Reaction Time) of Limits of Stability test. The gained results were compared with the known studies.

Klíčová slova v ČJ:

Posturální stabilita, tenisté, asymetrie, kompenzační cvičení, balance

Klíčová slova v AJ:

Postural stability, tennis players, asymmetry, compensation exercise, balance

Rozsah: 72 stran čistého textu, celkem 81 s. včetně seznamů a příloh

Místo zpracování: Olomouc

Místo uložení: Ústav fyzioterapie, FZV UP v Olomouci

OBSAH

ÚVOD	8
1 PŘEHLED POZNATKŮ	10
1.1 Posturální stabilita	10
1.2 Vymezení základních pojmů	10
1.3 Faktory ovlivňující posturální stabilitu	12
1.4 Biomechanika tenisu	13
1.5 Kineziologie tenisu.....	15
1.6 Tenis a asymetrie	18
1.7 Kompenzační symetrické cvičení	20
1.8 Přístrojové vyšetření posturální stability	21
1.8.1 Posturografie	22
1.8.2 Limits of Stability.....	23
1.8.3 Rhythmic Weight Shift	24
2 CÍL A HYPOTÉZY	25
2.1 Cíl práce.....	25
2.1.1 Výzkumná otázka č. 1.....	25
2.1.2 Výzkumná otázka č. 2.....	26
3 METODIKA	27
3.1 Charakteristika souboru.....	27
3.2 Vylučovací kritéria	27
3.3 Postup měření.....	27
3.3.1 Popis kompenzačního cvičení	27
3.3.2 Vyšetření vybraných parametrů posturální stability.....	28
3.4 Zpracování naměřených dat.....	28
3.5 Statistické zpracování dat	29
4 VÝSLEDKY	30

4.1	Výzkumná otázka č. 1	30
4.1.1	Výsledky k hypotéze H01	30
4.1.2	Výsledky k hypotéze H02	31
4.1.3	Výsledky k hypotéze H03	32
4.1.4	Výsledky k hypotéze H04	34
4.1.5	Výsledky k hypotéze H05	35
4.2	Výzkumná otázka č. 2	36
4.2.1	Výsledky k hypotéze H06	37
4.2.2	Výsledky k hypotéze H07	38
5	DISKUZE	40
5.1	Diskuze k délce kompenzační intervence.....	42
5.2	Diskuze k vlivu věku na posturální stabilitu.....	42
5.3	Diskuze ke kompenzaci v souvislosti s posturální stabilitou	44
5.3.1	Účinek balančního cvičení na stabilitu	45
5.3.2	Účinek posilování středu těla (core exercises) na stabilitu	49
5.4	Limity studie	50
	ZÁVĚR.....	52
	REFERENČNÍ SEZNAM	53
	SEZNAM ZKRATEK	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	70
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH	72
	PŘÍLOHY	73

ÚVOD

Tenis je jedním z nejrozšířenějších sportů na světě a jeho obliba neustále roste. Hlavně v posledních letech, které byly tak úspěšné pro české tenisty, začíná stále více dětí s tímto sportem.

Věk, kdy děti začínají s tenisem, se stále snižuje, a kvůli tomu také víc a víc roste potřeba vhodné kompenzace. Dnešním trendem je hra na závodní úrovni už od 7 let věku a děti jsou tímto čím dál tím víc a víc přetěžovány. Kvůli hře na soutěžní úrovni již od tak útlého věku děti často nemají čas na jinou sportovní aktivitu, a tímto se stává jednostranná zátěž ještě víc problematickou.

Tento problém se dotýká i dětí na nižších místech žebříčku, kde zvláště u nich není dostatek trenérů, kteří by jejich zátěž hlídali a přizpůsobovali. Dalším problémem je fakt, že je málo trenérů a rodičů, kteří by se problematikou kompenzace zabývali, a tudíž není pro děti zajištěna.

Existuje bezpočet studií zaměřených na zvýšení sportovního výkonu hráčů. Je zatím však početně méně prací zabývajících se kompenzací z důvodu zdravotního vlivu na hráče.

Naše práce zkoumala vliv kompenzační intervence u dětí na jejich posturální stabilitu. Posturální stabilita pro nás byla důležitá kvůli jejímu významu v rámci prevence zranění (Malliou et al., 2004, p. 149; Malliou et al. 2010, p. 389; Valovich McLeod et al., 2009, p. 465; Wedderkopp et al., 1999, p. 46). Dalším benefitem zlepšení stability je její pozitivní vliv na hráčův výkon (Bruhn et al., 2006, p. 401; Heitkamp et al., 2001, p. 258; Hirsch et al., 2003, p. 1109; Hrysomallis, 2011, p. 222; Kean et al., 2006, p. 138 - 146; Kostopoulos et al., 2012, p. 316; Malliou et al. 2010, p. 389 – 390; Taube et al., 2008, p. 101 – 103).

V práci byly hodnoceny výsledky 7 týdenní kompenzace 13 dětí v rozmezí 8 až 16 let. Posturografické testy byly provedeny na jejím začátku a po jejím skončení. Děti docházely na cvičení pod odbornou instruktáží jednou týdně a jednou týdně si samy doma cvičily baterii cviků.

Vyhledávací strategie:

Kombinace těchto klíčových slov byla použita pro vyhledávání v databázích: posturální stabilita, tenisté, biomechanika a kineziologie tenisu, svalové dysbalance, asymetrie, kompenzace, děti. Na zpracování diplomové práce bylo užito celkem 79 odborných článků,

z toho 2 byly v českém jazyce, 1 ve slovenském a ostatní v jazyce anglickém. Vyhledávání probíhalo v databázích Pubmed, EBSCO a Google Scholar. Poznatky byly čerpány pouze z fulltextů, které většinou nebyly starší 10 let. Kromě odborných článků byla použita literatura knižní (7 v jazyce českém a 2 v jazyce anglickém) zabývající se kýženou problematikou.

1 PŘEHLED POZNATKŮ

1.1 Posturální stabilita

Posturální stabilita je schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému nebo neřízenému pádu (Vařeka, 2002a, s. 116). Jedná se o kontinuální zaujímání stálé polohy, která nikdy není statická (Kolář et al., 2009, s. 39).

Posturální kontrola vyžaduje interakci muskuloskeletálního a nervového systému. (Shumway-Cook & Woollacott, 2012, p. 165). Hrysomallis (2011, p. 222) definuje stabilitu jako proces udržování pozice těžiště vertikálně nad opěrnou bází a souvisí s nepřetržitým vizuálním, vestibulárním a somatosenzorickým feedbackem a pak provádění plynulých koordinovaných pohybů.

Statická rovnováha (stabilita) je schopnost udržovat těžiště s minimální nutností pohybu. Dynamická rovnováha může být brána jako schopnost provedení úkolu zároveň s udržením nebo znovuzískáním stabilní pozice či schopnost udržení případně znovuzískání stability na nestabilním povrchu s minimem vedlejších pohybů (Hrysomallis, 2011, p. 222; Alsalaheen et al., 2015, p. 2194). Funkční posturální stabilita je kvantifikována během úkolů vyžadujících konstantní změnu opěrné báze jako např. funkční vyšetření chůze (Alsalaheen et al., 2015, p. 2194; Wristley et al., 2004, p. 909).

Systém vzpřímeného držení obsahuje tři hlavní složky – sensorickou, řídicí a výkonnou (Vařeka, 2002a, s. 115). Tento systém má rovněž jako celý motorický systém velké kompenzační a substituční možnosti. Oslabení či výpadek funkce jeho části se může projevit až ve zvýšené zátěži, kdy dojde k dekompenzaci. To je jedním z důvodů pro zpochybňování statického vyšetření pro stanovení kvality posturální stability (Vařeka, 2002a, s. 116).

1.2 Vymezení základních pojmů

Centre of Mass (COM) neboli těžiště, je hypotetický bod, do kterého je soustředěna hmotnost celého těla. Představuje průměrnou hodnotu COM všech segmentů (Vařeka, 2002a, s. 117).

Centre of Gravity (COG) je průmět společného těžiště těla do roviny opěrné báze (Vařeka, 2002a, s. 117).

Centre of Pressure (COP) označuje působiště vektoru reakční síly podložky. Lze ho vypočítat jako vážený průměr všech tlaků působících na podložku (Vařeka, 2002, s. 117; Kolářová et al., 2014, s. 11).

Base of Support (BS), neboli opěrná báze je plocha ohraničená nejbližšími hranicemi opěrné plochy či ploch opory, zahrnuje opěrné plochy a vše mezi nimi (Kolář et al., 2009, s. 39; Vařeka, 2002a, s. 117).

Area of Contact (AC) je plocha přímého kontaktu podložky s povrchem těla (Kolář et al., 2009, s. 39).

Area of Support (AS) neboli opěrná plocha je částí AC, která je aktuálně využita k vytvoření opěrné báze (Vařeka, 2002a, s. 117).

Balance (rovnováha) je soubor statických a dynamických strategií k zajištění posturální stability, je to neustálé přizpůsobování svalové aktivity a polohy kloubů funkčním požadavkům k udržení těla nad opěrnou bází (Vařeka, 2002a, s. 116).

Postura je podle Vařeky (2002a, s. 116) aktivní držení segmentů těla proti působení zevních sil, ze kterých má v běžném životě největší význam síla tíhová. Postura je zajištěna vnitřními silami, kdy hlavní úlohu hraje svalová aktivita řízená centrálním nervovým systémem (CNS). Postura je nejen na začátku a konci každého pohybu, je také jeho součástí a základní podmínkou. Její zaujetí a udržení je rozhodující součástí všech motorických programů (Vařeka, 2002a, s. 116). Posturální systém se aktivuje jinak při náhlé změně okolního prostředí, na kterou musí reagovat bezprostředně, a jinak při přípravě a anticipaci pohybu. Posturální funkce je realizována především axiálním systémem (Véle, 1995, s. 72).

Atituda je postura nastavená tak, aby bylo možné provést plánovaný pohyb (Vařeka, 2002a, s. 116).

Limits of Stability (LOS) jsou hranice, ve kterých je tělo schopno udržet stabilitu bez nutnosti změnit opěrnou bází. Limity nejsou fixní, mění se dle dané pohybové úlohy, vlastností jedince (síly, rozsahu pohybu, charakteru COM), různého okolního prostředí. Co se týká stability, vždy se musí brát v úvahu jak poloha těžiště, tak jeho rychlost v daném okamžiku. Tyto dvě veličiny určují, jestli člověk dokáže udržet stabilitu v dané opěrné bází, nebo bude nucen použít dynamickou strategii pro znovuzískání stability (Shumway-Cook & Woollacott, 2012, p. 166).

1.3 Faktory ovlivňující posturální stabilitu

Faktory ovlivňující stabilitu rozdělujeme na fyzikální (biomechanické) a neurofyziologické. Mezi faktory biomechanické řadíme opěrnou plochu, hmotnost, polohu těžiště, charakter kontaktu těla s opěrnou plochou a postavení spolu s vlastnostmi hybných segmentů (Kolář et al., 2009, s. 199; Véle, 1995, s. 76).

Základní podmínkou stability ve statické poloze je, že se těžiště musí v každém okamžiku promítat do BS (nemusí se však promítat do opěrné plochy). Stabilita je přímo úměrná velikosti plochy BS, hmotnosti a nepřímo úměrná výšce těžiště nad BS, vzdáleností mezi průmětem těžiště do BS a středem BS, a sklonu opěrné plochy k horizontální rovině. Během lokomoce vektor tíhové síly již nemusí přímo směřovat do BS, musí tam ale směřovat výslednice zevních sil, kterými jsou mimo tíhovou sílu např. setrvačnost či třecí síla apod. (Kolář et al., 2009, s. 39). Poloha jednotlivých segmentů těla určuje jeho tvar a ovlivňuje jeho držení. Jsou-li segmenty těla ve vyrovnané linii, je rovnoměrněji rozložena zátěž jednotlivých segmentů a nedochází k mikrotraumatizaci lokálními přetíženími (Véle, 1995, s. 77).

Do faktorů neurofyziologických patří multisenzorická integrace vestibulárních, zrakových, propioceptivních a kožních informací (Alsalaheen et al., 2015, p. 2195; Gill, Callaghan in Jo et al., 2011, p. 1297; Kolář et al., 2009, s. 199; Véle, 1995, s. 76). Dalšími faktory jsou psychika spolu s vlivy vnitřního prostředí, míra excitability nervového systému, procesy spouštějící pohybové programy a procesy zpětnovazebné (Kolář et al., 2009, s. 199; Véle, 1995, s. 76).

Podíl propiocepce ze tří složek senzorického systému je pro udržení posturální stability v klidném stoji rozhodující (Simoneau et al., 1995, p. 121; Vařeka, 2002b, s. 122). Obzvláště důležitý je význam propiocepce z okohybných svalů a oblasti horní cervikální páteře (Véle, 1995, s. 78). Exteroceptivní informace z Ruffiniho a Maissnerových tělísek mají také značný význam. Slouží k identifikaci míst s různým zatížením a tedy i polohou COP. Jsou rovněž důležité pro kontrolu tření, které je u zajištění posturální stability důležitým faktorem (Vařeka, 2002b, s. 122). Je nutno také vzít v úvahu aferenci nociceptivní a interoceptivní, z vnitřních orgánů (Véle, 1995, s. 79).

Psychika má značný vliv na držení těla a významně ovlivňuje proces volby vhodného programu k udržení či obnovení posturální stability. Určitá míra soustředění stabilitu zlepšuje,

nadměrná psychická tenze je ale kontraproduktivní. Strach či obava vedou k nadměrnému svalovému napětí, které ruší potřebnou koordinaci (Vařeka, 2002b, s. 126).

Na udržení stability se podílí celý posturální systém (viz obr. 1) (Vařeka, 2002b, s. 125). Systémy korigující posturu se podílí na vyšší úrovni plánování (frontální a motorický kortex), na koordinaci (mozkový kmen a nervová síť koordinující svalové synergie) a vzniku sil vytvářející efektivní pohyby pro kontrolu těla v prostoru (motorické neurony spolu se svaly) (Shumway-Cook a Woollacott, 2012, p. 167).



Obrázek 1 Model systémů podílejících se na posturální kontrole (upraveno dle Shumway-Cook & Woollacott, 2012, p. 165)

1.4 Biomechanika tenisu

Biomechanika se zabývá studiem lidských pohybů a jejich aplikací na konkrétní činnosti (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 49). Pochopení biomechaniky je nezbytné u každého sportu z důvodu možného rizika poranění (Elliot 2006, p. 392). Základem optimální techniky úderů i pohybu v tenise je správné využívání zákonitostí biomechaniky, které umožňuje tu nejefektivnější kombinaci síly, kontroly vlastních úderů i pohybu hráče a zohledňuje minimalizaci rizika zdravotních problémů (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 49). Každé zranění může být způsobeno nesprávným a neefektivním mechanismem úderů. Tenisové údery používající pouze rameno, loket a zápěstí pro generaci síly skončí zraněním (United States Tennis Association, 1998, pp. 200 – 201).

Hlavní biomechanické principy, se kterými pracujeme v tenisovém tréninku, jsou **rovnováha, setrvačnost, opačná síla, elastická energie a koordinační řetězec**. Rovnováha

v tenise se myslí dynamická, kdy má trenér dbát na to, aby hráč udržoval tělo vzpřímeně. To umožňuje v jakékoliv situaci zahrát nejúčinnější a nejvhodnější úder (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51).

Setrvačnost je v podstatě odpor těla bránící změně pohybového režimu. Hráč překonává setrvačnost při reakci na soupeřův úder kontrakcí svalů. Pokud provádí úder mírně pokrčenou paží, je moment setrvačnosti menší než v případě natažení paže. Pokrčení horní končetiny tudíž má menší odpor a paži i raketě umožní udat větší rychlost (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51).

Tenis jako každý jiný sport využívá elastické energie nashromážděné během excentrické fáze aktivity svalů, která je pak částečně využita ve fázi koncentrické (Elliot 2006, p. 392). Tohle podporuje fakt, že koncentrická kontrakce začíná vyšším napětím, než kdyby se svaly koncentricky aktivovaly ze stavu klidu (Elliot, 2006, p. 392). To rovněž napomáhá vyvinutí větší síly i ekonomičtějšímu šetření s vlastní energií (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51). Většina tenisových úderů obsahuje excentrickou kontrakci následovanou koncentrickou kontrakcí svalů. U servisu je to např. vnější rotace hrající horní končetiny ve vzestupném náprahu, zpomalená kontrakcí excentrickou rotátorů vnitřních. Dalším příkladem je koncentrická kontrakce vnitřních rotátorů ramene při odpalu míčku, později zpomalená excentrickou kontrakcí zevních rotátorů během konečné fáze (Elliot 2006, p. 396). Vyplývající benefit pro tenisový výkon je podle výzkumu klíčový (Walshe et al., 1998, p. 101). Při podání se např. využívá excentrického protažení vnitřních rotátorů ramene, které je maximalizováno činností dolních končetin v přípravě na úder. Při forhendu a bekhendu využíváme větší rotaci ramen než kyčlí a náprahu jako důležitého protažení svalů. U voleje se využívá nároku a excentrické aktivity quadricepsu. Pauza mezi fází excentrickou a koncentrickou však snižuje tento účinek (Elliot 2006, p. 392).

Koordinační řetězec funguje jako systém jednotlivých, do sebe zapadajících článků, kdy každý z nich přispívá ke konečné síle potřebné pro úder (Hoeven, Kibler, 2006, p. 435; Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51). Síla vyvinutá jedním článkem (segmentem těla) je přenášena k článku dalšímu (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51). Optimální načasování těchto segmentů a jejich zapojování ve správném časovém sledu umožňuje účinný přenos momentů síly celým tělem. Ke správnému užití koordinačního řetězce má každý pohyb probíhat odspoda nahoru, pohyb má přicházet od velkých segmentů k malým a má být správně načasován (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51 – 52; Martin et al., p. 2751). Jako startovací

článek kinetického řetězce hrají dolní končetiny klíčovou roli a mají vliv na výkon ovlivňováním lineárních a úhlových pohybů trupu a horní části paže (Girard et al., 2007, p. 955). Pohyb tenisty má tedy probíhat: nohy, kolena (flexe, extenze), rotace boků, rotace trupu, rotace ramen a paže kolem ramene (hrající HK), extenze lokte a flexe zápěstí (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51 – 52; Kibler et al. in Genevois et al., 2015, p. 196). Pro optimální realizaci např. účinného podání je nutná neporušená funkce kinetického řetězce, normální funkce lopatky spolu s funkčními statickými a dynamickými stabilizátory lopatky (Hoeven, Kibler, 2006, p. 435). Bahamonde (2000, p. 592) popsal moment hybnosti při podání pomocí tří částí – trupu, paže a rakety. Tento systém umožňuje vytvořit moment hybnosti rotací trupu a přenést ho postupně na paži a pak na raketu (Bahamonde, 2000, p. 592).

Výsledná hrací síla je tedy součtem jednotlivých sil kinetického řetězce (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51 – 52; Kibler et al. in Genevois et al., 2015, p. 196). Kinetický řetězec je základem tenisové techniky, přispívá k maximalizaci síly, zlepšení kontroly míče, oddálení únavy a prevenci zranění. Při problémech s koordinací není úder hrán optimálně, je slabý, postrádá kontrolu a může dojít i ke zranění. Hlavní příčiny těchto potíží jsou nezapojení některé části těla do pohybu, špatné načasování pohybu (zapojení části těla moc brzo či pozdě), neefektivní využití částí těla či zapojení části těla, která není pro pohyb důležitá (Langerová a Heřmanová, 2005, s. 51 – 52). Přerušování řetězce v jeho proximální části má za následek větší nároky na segmenty distální (Hoeven, Kibler, 2006, p. 435).

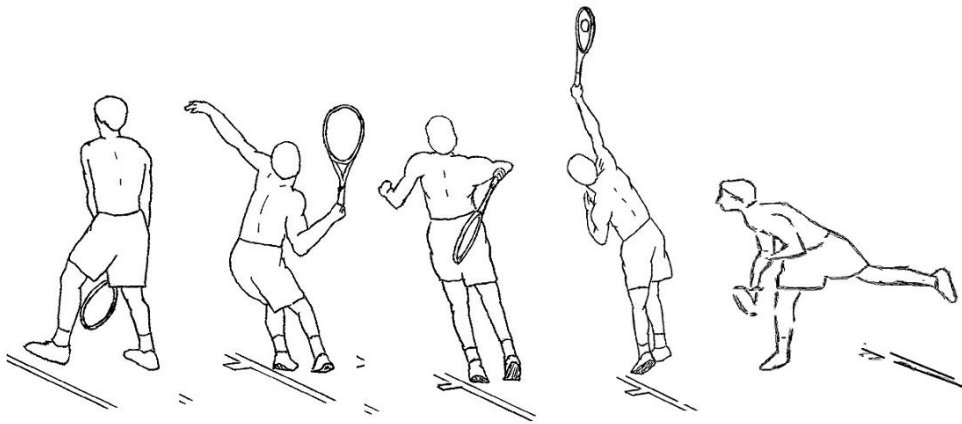
1.5 Kineziologie tenisu

Tenis je acyklický a jednostranný sport. Dochází tu k rychlým pohybům trupu do flexe i extenze v rovině sagitální i frontální a k rotačním pohybům okolo svislé osy těla (Campbell et al., 2014, p. 351; Muyor et al., 2013, p. 588). Hra vyžaduje velkou frekvenci opakujících se rychlých rotací bederní páteře (Alyas et al., 2007, p. 838 – 840). Tato rotace páteře spolu s rotací pánve je dokonce ještě větší než u jiných sportů rotaci vyžadujících, jako např. volejbal či házená (Wagner et al., 2014, p. 347). Moderní technika úderů, přičemž hráč zůstává v postavení více čelem, navíc ještě zvyšuje tuto rotační sílu na facetové klouby páteře. Platí to především pro topspinové údery a obouručný bekhend. U forhendu s čelním postavením může také docházet k prudké hyperextenzi páteře (Alyas et al., 2007, p. 838 – 840). V průběhu hry dochází k vysoké aktivitě břišních a bederních svalů, což bylo zjištěno u elitních dospívajících tenistů (Alyas et al., 2007, p. 836).

Ze všech tenisových úderů servis nejvíc zatěžuje lumbální páteř kvůli opakované hyperextenzi trupu (Campbell et al., 2013, p. 1563; Campbell et al., 2016, p. 32; Chow et al., 2009, p. 1; Tubez et al., 2015, p. 402). Při servisu dochází k současné extenzi, rotaci a laterální flexi bederní páteře (Campbell et al., 2014, p. 352; Campbell et al., 2013, p. 1565). Co se týče rotace a lateroflexe páteře při servisu, dochází k nim na obě strany, přičemž je páteř nejdříve během fáze nápřahu rotována a flektována směrem k horní končetině držící raketu a pak dochází k rychlé protirotaci a lateroflexi ve fázi akcelerace směrem od ní (Campbell et al., 2013, p. 1565). Základní údery (forhend i bekhend) však oblast bederní páteře zatěžují také (Campbell et al., 2016, p. 32). Na základě techniky můžeme servis rozdělit na přímý (s minimem rotace), topspinový a slice (řezaný) (Chow et al., 2009, p. 1; Chow et al., 2003, p. 512; Sheets et al., 2011, p. 3011). Přímý servis je obecně prováděn větší silou a přináší největší rychlost míčku ze všech tří uvedených. Rotace míčku, přítomná u zbylých typů servisu, přináší přesnost úderu (Chow et al., 2009, p. 1 – 2). Co se týče odlišnosti aktivity svalstva u jednotlivých typů servisu, Chow et al. (2003, p. 512) zjistili, že břišní svalstvo je více aktivní u servisu typu topspinu. Campbell et al. (2013, p. 1567) zjistili, že ze všech tří typů servisu topspin nejvíce zatěžuje lumbální páteř.

Pro lepší pochopení problematiky servisu, Chow et al. (2003, p. 515) ho dělí na 5 fází (viz obr. 2):

- 1) vzestupný nápřah (začínající pohybem rakety dolů a dozadu podél nohou a nahoru až do nejvyšší pozice),
- 2) sestupný nápřah (pohyb rakety z nejvyšší pozice do nejnižší pozice za tělem),
- 3) akcelerace (až po odpal míčku),
- 4) časná konečná fáze (od odpalu po dopad těla dopředu),
- 5) pozdní konečná fáze (průběh 0, 1 s následující okamžik dopadu jedince).



Obrázek 2 Fáze servisu (upraveno dle Chow et al., 2003, p. 514)

Obecně se dolní svalstvo trupu stává aktivní na konci 1. fáze servisu. Nejvyšší hodnoty aktivity svalů byly naměřeny pomocí EMG ve fázích 2 a 3, kdy jsou zodpovědné za flexi trupu (částečně i pro delší trvání fáze 1). M. obliquus internus abdominis a m. erector spinae jsou zodpovědné za posturu trupu v anterioposteriorním směru v průběhu podání. Zajímavé je, že byla zjištěna větší aktivita levé části rectus abdominis v porovnání s částí pravou během všech částí podání bez ohledu na jeho typ (u praváků). Výrazné bilaterální změny v aktivitě byly zaznamenány i u m. obliquus externus abdominis a m. obliquus internus abdominis, což může být vysvětleno flexí trupu doleva a rotací doprava při samotném úderu u pravorukých hráčů. Na konci 3. fáze (po odpalu míčku) je trup ukláněn doleva u pravorukých hráčů a pokračuje v lateroflexi v dalších konečných 2 fázích z důvodu zjištěné nesrovnalosti v aktivitě pravého a levého m. obliquus externus ve prospěchu části pravé. M. obliquus externus tu v posledních 2 fázích pracuje proti gravitaci (Chow et al., 2003, p. 516 – 517).

K velké zátěži páteře při servisu dochází zejména, když se raketa pohybuje za tělo při náprahu a páteř je v laterální flexi a hyperextenzi. Rychlý úder do míčku provází rapidní rotace lumbální páteře v opačném směru (z hyperextenze do flexe a rotace zprava doleva u praváků). Tento „vývrtkový pohyb“ přenáší sílu svého točivého momentu na segmenty páteře (Chow et al., 2009, p. 1 – 2). V průběhu pohybu trupu do extenze, těla obratlů podstupují posteriorní sagitální rotaci a malý translační pohyb posteriorně (Chow et al., 2009, p. 11). Koaktivace svalů dolního trupu (m. rectus abdominis, m. obliquus external, m. obliquus internal, a lumbální erektory) pomáhá stabilizovat bederní páteř během této hyperextenze páteře a následujících fází, kdy tělo jde do flexe. Zatímco zbylé z těchto svalů pracují na laterální flexi a rotaci trupu, mm. obliqui interni podstupují excentrickou kontrakci a hrají důležitou roli pro kontrolu pohybu trupu do extenze. (Chow et al., 2003, p. 512).

V tenisu rovněž dochází k opakovanému zatěžování hrající horní končetiny v průběhu úderu, k opakujícím nárazům rukojeti do dlaně a k vysokému torznímu napětí (Pluim et al., 2006, p. 416). Běžným nálezem u hráčů tenisu je změna v rotacích hrajícího ramenního kloubu. Obecně bývá zvětšená zevní rotace a omezená vnitřní oproti nedominantní končetině. Tohle omezení může být jedním z rizikových faktorů poranění ramenního kloubu u hráčů tenisu. Pokud omezení vnitřní rotace překročí zisk ze zvětšené rotace zevní (omezení celkového rozsahu rotace v kloubu), kloub je náchylnější ke zranění. (Hoeven, Kibler, 2006, p. 437). Vnitřní rotace ramenního kloubu hrající končetiny hraje u servisu důležitou roli. Hráči při úderu nejen rotují trupem horizontálně, ale trup ukloní, což způsobí elevaci hrajícího ramene a depresi ramene nehrajícího a tak umožní tuto podstatnou vnitřní rotaci (Bahamonde, 2000, p. 589; Elliot 2006, p. 393). Tato je přítomna ještě před odpalem míčku a přetrvává až po časovou konečnou fázi servisu. Funkční význam vnitřních rotátorů je ve zrychlení švihů až do odpalu míčku, kdy pak následuje excentrická aktivita rotátorů zevních, které tuto rotaci v průběhu konečné fáze zbrzdí. Zevní rotátory ramenního kloubu jsou menší než jeho rotátory vnitřní a je tudíž nezbytný specifický trénink zaměřený na ochranu ramenních kloubů u hráčů tenisu (Elliot 2006, p. 393).

1.6 Tenis a asymetrie

Tenis je sport vyžadující asymetrické pohyby. Asymetrie v tenise se týká hraní raketou v jedné ruce, i když většina pohybů hráče při pohybu po kurtu je symetrická (Rynkiewicz et al., 2013, pp. 47 – 48; Severa et al., 1993, s. 86). Asymetrická tenisová technika může vést k asymetrickému rozdělení svalové hmoty a nevyváženému svalovému napětí. Tyto disproporce mají za následek nesprávný vzrůst těla, a dokonce způsobují nepravidelnosti skeletu. Tyto následky jsou obzvláště škodlivé, protože časem můžou způsobit zranění, přetížení kloubů a také degenerativní změny. To představuje nebezpečí hlavně pro mladé jedince, kteří jsou ve stádiu intenzivního kosterního a svalového rozvoje (Rynkiewicz et al., 2013, pp. 47 – 48). Náročný a opakující se trénink v průběhu vývoje dětí může hrát roli v adaptaci morfologie páteře, popř. možných zranění (Pluim et al., 2006, p. 415).

Asymetrie ve statické síle a objemu horní končetiny byla pozorována u mladých hráčů tenisu již v brzkém stadiu tréninku. Rynkiewicz et al. (2013, s. 51) u hráčů zjistili významné rozdíly mezi dominantní a nedominantní horní končetinou. Rozdílem byla poměrně větší svalová hmota dominantní horní končetiny oproti končetině nedominantní. Balidus et al. (2012, s. 1) sledovali rozdíly ve struktuře a hmotnosti m. rectus abdominis mezi dominantní a nedominantní stranou těla. Tato asymetrická hypertrofie svalu představuje rizikový faktor

pro utrpení zranění v této oblasti. Dlhoš (2005, s. 84) zaznamenal ve své studii tenistů výrazné a stranově nesouměrné zkrácení m. quadratus lumborum, m. trapezius, m. sternocleidomastoideus, m. tensor fasciae latae m. pectoralis major a m. iliopsoas více vpravo a u m. levator scapulae vlevo. Menší zkrácení vpravo bylo také zaznamenáno u mm. flexores digitorum. Laterální rozdíl ve svalové síle byl zaznamenán s oslabením m. gluteus maximus a mm. abductores art. coxae vpravo a m. serratus anterior vlevo. Modi et al. (2008, pp. 38 – 43) při studiu volejbalistů dokázali, že vyšší úroveň asymetrie mezi pravou a levou částí těla může způsobovat skoliózu.

Bylo rovněž zjištěno, že míra asymetrie dospělých sportovců je vyšší než u dětí. Asymetrie ve svalové hmotě a kostní denzitě se tedy ukázala být modulovaná počtem tréninkových hodin (Rynkiewicz et al., 2013, pp. 47).

U dospívajících hráčů tenisu je navíc vyšší riziko bolestí zad v bederní oblasti. Riziková je především oblast čtvrtého a pátého bederního obratle (pro zranění i bolest) (Campbell et al., 2014, p. 351). Tuto skutečnost potvrzuje i výzkum, který provedli Alyas et al. (2007, p. 836), kde zjistili stresovou degeneraci L5 a disku L4/L5 jako nejčastěji přítomnou abnormalitu bederní páteře u dospívajících tenistů. Nejnovější poznatky poukazují na mechanickou etiologii těchto problémů, zahrnující laterální flexi lumbální páteře na kontralaterální straně hrající horní končetiny a kinematiku pánve spolu s horní i dolní částí zad. Problémem jsou i přítomné opakované extrémní rozsahy pohybu v kloubech, které jsou náchylné ke zranění. (Campbell et al., 2014, p. 352). Důvodem této dispozice je zřejmě větší frekvence rizikových pohybů (Sheets et al., 2011, p. 3012). Campbell et al. (2014, p. 353) ve své studii sledovali, že při servisu dochází ke krajnímu rozsahu v kloubech horní lumbální páteře v rotaci napravo. V dolní části bederní páteře dochází ke krajnímu kloubnímu rozsahu u rotace i lateroflexe. Zjistil také, že u tenistů trpících bolestmi v dolní části bederní páteře dochází v této oblasti k menšímu rozsahu pohybu než u tenistů bez bolesti (do extenze, laterální flexe a rotace vpravo), ne však v části horní (Campbell et al., 2016, p. 34). Totéž zaznamenali Campbell et al. (2013, p. 1566) ve studii dospívajících tenistů se skupinou zdravých tenistů a těch s bolestmi lumbální páteře. Zaznamenali také větší četnost šikmých pánví (vpravo vyšší u hrajících P horní končetinou) u dětí s bolestmi zad. Naopak ale vyzorovali, že ti s bolestmi během servisu více rotují v bederní oblasti i v pánvi a disponují větší pánevní anteverzí (p. 354). Campbell et al. (2013, p. 1566) rovněž zjistil u mladých tenistů trpících bolestmi zad, že při náprahu u servisu dochází k daleko větším silám do lateroflexe než u tenistů zdravých, které měly velikost skoro čtyřikrát větší jako hmotnost těla, což je o hodně víc než u jiných sportů, např. běhu. Absorpce

těchto velkých sil nad toleranci měkkých tkání spolu s krajními rozsahy pohybu do extenze a lateroflexe může podle Campbell et al. (2013, p. 1566) být právě důvodem strukturálních změn a bolesti zad. Tento fakt je důležité mít na paměti u tréninku mladých tenistů a jejich učení techniky úderů. Lateroflexe trupu, která se považuje za nezbytnou pro dosažení dobré rychlosti podání a výhodné výšky úderu míčku, může právě být jedním z faktorů přispívajících ke vzniku bolesti lumbální páteře (Campbell et al., 2013, p. 1567).

Ebert et al. (2013, p. 114) ve své studii zjistili, že pohyby do lateroflexe jsou omezeny, když se páteř zároveň nachází v konečném rozsahu do extenze ve srovnání s neutrální pozicí páteře v sagitální rovině. Proto sporty jako tenis a kriket vyžadující současné extenční a lateroflekční pohyby jsou rizikové pro poranění (Campbell et al., 2016, p. 37).

Tenisté by tudíž měli strávit více času tréninkem zaměřeným na snižování stupně asymetrie a nepřímo tak snižovat riziko vzniku úrazů a syndromů z přetížení (Rynkiewicz et al., 2013, pp. 47). Jak totiž Dlhoš (2005, s. 85) dokázal ve své studii, běžně aplikovaný kondiční trénink tenistů nepůsobí preventivně na svalové poruchy ani na jejich odstraňování. Symetrické cvičení prokazatelně zlepšuje technické dovednosti hráčů i jejich koordinaci (Rynkiewicz et al., 2013, p. 53). Dlouhodobé kompenzační cvičení a kontralaterální techniky zařazené do tréninkového procesu ukázaly zlepšení svalové funkce i funkce kloubů, snížení laterální difference a v některých parametrech až stranovou symetrii (Dlhoš, 2005, s. 84 - 85). Zároveň ale Dlhoš (2005, s. 84) udává, že po ukončení kompenzačního programu se svalové asymetrie po nějaké době opět vrací a je ho tudíž třeba po celou dobu tréninku.

1.7 Kompenzační symetrické cvičení

Jako prevenci zranění tenistů fyzioterapeuti navrhnou cvičební program zahrnující posilování pro napravení svalových dysbalancí, protahovací cviky pro snížení tuhosti svalů a balanční cviky pro zlepšení propriocepce (Malliou et al. 2010, p. 389).

Jak již bylo řečeno, mnoho tenistů trpí bolestmi zad, které mohou mít trvalé následky i pro jejich sportovní kariéru (Campbell et al., 2014, p. 35; Campbell et al., 2016, p. 32). Skoro 50% elitních hráčů juniorů je někdy zažilo (Sheets et al., 2011, p. 3011). Pro zvýšené riziko bolestí beder u tenistů je důležitá jejich prevence v období dospívání (Campbell et al., 2014, p. 35; Campbell et al., 2016, p. 32). Nezbytná je kompenzace i jako prevence zranění, která jsou četná u ramen i zad (Sheets et al., 2011, p. 3011).

Důležitá je mimo jiné i práce trenérů ve smyslu adaptace techniky hry, aby co nejméně zatěžovala bederní páteř. A to tím, že např. sníží rozdíly rotace pánve vůči ramenům a budou hlídat postavení pravé dolní končetiny pro praváka, která se podílí na utváření šikmé pánve. Cvičební program zaměřený na stabilitu není dostatečný jako prevence bolestí zad, neboť by mohl utvrzovat ztuhlost kloubů již přítomnou. Mobilizace či neuromuskulární kontrola nad relaxací jsou metody nezbytné k prozkoumání (Campbell et al., 2014, p. 356).

Dlhoš (2005, s. 85) doporučuje vyšetření funkčního stavu mladých tenistů pro sportovní praxi každého půl roku a doporučuje též sledovat projevy funkční laterální asymetrie.

Kompenzační cvičení, zaměřené na ovlivnění a udržení svalové rovnováhy, a kompenzační herní techniky, zaměřené na pohybovou symetrizaci, by se měly podle Dlhoše (2005, s. 85) stát trvalou složkou tréninkové přípravy mladých tenistů na všech výkonnostních úrovních.

Do preventivního cvičebního programu pro tenisty patří i posilování středu těla (core training). Je třeba cvičení zatěžující muskulaturu ve všech 3 rovinách – sagitální, frontální i transverzální. Vhodné je spojení cvičení s rotací páteře (Ellenbecker et al., 2009, p. 54 - 55). Dle výzkumu provedeného Roeterem et al. (1996, p. 20) tenisté trpí asymetrií i v trupu, kdy jejich flexory (břišní svaly) jsou silnější než trupové extenzory (m. erector spinae), přičemž u normální populace je tomu spíše naopak. Ve cvičení je třeba se na to zaměřit. Ellenbecker et al. (2009, p. 56) také doporučuje stabilizační cvičení na kyčelní klouby, které jsou rovněž rizikové pro úrazy. U ramenního pletence je třeba mít na mysli dysbalanci mezi vnitřními a vnějšími rotátory ramenního kloubu (Johnson et al., 2006, p. 696; Ryu et al., 1988, p. 482). Síla vnějších rotátorů dominantní horní končetiny bývá menší oproti rotátorům vnitřním (Ellenbecker and Roetert, 2003. p. 63; Ellenbecker and Todd, 1992, p. 65; Chandler et al., 1992, p. 455)(12,17,19). Ellenbecker et al. (2009, p. 52) proto doporučuje stabilizační program zaměřený na posílení posteriorní rotátorové manžety (vnější rotátory).

1.8 Přístrojové vyšetření posturální stability

Technologická analýza pohybového systému je využívána ke zhodnocení průběhu konkrétní patologie a pro volbu efektivní terapie. Slouží i k hlubšímu porozumění dílčích systémů uplatňujících se v řízení pohybu. Výhodou vyšetření pomocí technologií oproti klinickému testování je především kvantifikovatelné objektivní hodnocení, relativně vysoká senzitivita k malým změnám, minimalizovaná variabilita testů a možnost opakovaného vyhodnocování dat (Kolářová et al., 2014, s. 9).

1.8.1 Posturografie

Posturografie je elektrofyziologická vyšetřovací metoda, která hodnotí motorické balanční mechanismy podílející se na udržování posturální stability (Kolář et al., 2009, s. 199). Z výsledků vyšetření jsme schopni určit podíl jednotlivých senzoričkových systémů na kontrole rovnováhy (Kolář et al., 2009, s. 199; Kolářová et al., 2014, s. 12).

Posturograf je přístroj měřící reakční síly podložky (silové plošiny) působící na člověka. Reakční síla podložky je síla působící na člověka kontaktem podložky s ploškami nohou. Do její velikosti se promítá tíhová síla vycházející z hmotnosti tělesných segmentů a síla vyvolaná vlastním pohybem, např. změnou polohy těla. Reakční síla je snímána ze silové plošiny se zabudovanými silovými senzory. Na základě informací z těchto senzorů lokalizujeme i místo působení výsledné reakční síly, které se označuje jako Center of Pressure (COP) (Kolářová et al., 2014, s. 11). Lze ho vypočítat jako vážený průměr všech tlaků působících na podložku (Vařeka, 2002, s. 117; Kolářová et al., 2014, s. 11). COP je tedy začátek vektoru reakční síly podložky. Výstupními parametry využívaných plošin jsou poloha COP a velikosti jednotlivých složek reakční síly (anterioposteriorní, mediolaterální a vertikální). Posturograf Neurocom, který byl využit k tvorbě této práce, se skládá ze dvou modulů – Smart Equitest System a Balance Master System. Tyto dva moduly se liší možnostmi využití silových plošin. Pro tuto práci byl využit jen modul Smart Equitest System (viz obr. 3), který má zabudovanou duální pohyblivou silovou tenzometrickou plošinu a pohyblivou kabinu (Kolářová et al., 2014, ss. 11 – 12). Prostřednictvím dat ze silové plošiny posturografu se hodnotí amplituda, rychlost, směr či trajektorie vychýlení COP a velikost silových impulzů v průběhu automatických i volných reakcí. Výsledné hodnoty jednotlivých testů jsou vyjádřeny vzhledem k pacientově výšce, hmotnosti nebo věku. Data jsou dále porovnána s hodnotami zdravých jedinců příslušné věkové kategorie. Silové plošiny obecně snímají polohu COP, ale posturograf NeuroCom pracuje s parametrem COG, který je vypočítán z výšky a hmotnosti jedince a polohy jeho COP (Kolářová et al., 2014, s. 12).



Obrázek 3 Posturograf NeuroCom Smart Equitest System

V experimentální části DP bylo využito dvou testů hodnotících efektivitu posturální stability ve vzpřímeném bipedálním stoji za předem definovaných podmínek (Kolářová et al., 2014, s. 14). Prvním testem byl Limits of Stability (LOS), který hodnotí schopnost vyšetřovaného aktivně měnit polohu těžiště vymezeným směrem. Druhým testem byl Rhythmic Weight Shift (RWS) hodnotící kvalitu balančních mechanismů při přenášení váhy latero/laterálně a antero/posteriorně (Kolářová et al., 2014, ss. 20 – 21).

1.8.2 Limits of Stability

Test hodnotí schopnost vyšetřovaného aktivně měnit polohu COG v 8 vymezených směrech (dopředu, dopředu doprava, doprava, dozadu doprava, dozadu, dozadu doleva, doleva a dopředu doleva) a udržet dosažené maximum bez nutnosti změnit svou opěrnou bázi (Glave et al., 2016, p. 226; Kolářová et al., 2014, s. 20). Proband, který vidí svou polohu COG na obrazovce před sebou, má po zaznění zvukového signálu za úkol dosáhnout co nejrychleji a nejpresněji určitého bodu na obrazovce a poté setrvat ve svém maximálně dosaženém bodě až do zaznění dalšího signálu. Body představují 100% limitů stability standardizovaných pro zdravou populaci. Poté se vrátí do výchozí středové polohy na obrazovce a po zaznění dalšího signálu provede to samé do dalšího směru. Testované situace si proband nejprve vyzkouší nanečisto. Sledované parametry tohoto testu jsou Reaction Time (RT), čas rychlosti reakce probanda na zvukový signál na začátku testu (ms), Movement Velocity (MVL), což je

průměrná rychlost COG při dosažení vyznačeného bodu ($^{\circ}/s$). Dalšími parametry jsou Endpoint Excursions (EPE) neboli bod, kam se těžiště vychýlí při prvním pokusu o dosažení limitu stability bez zaváhání (%), Maximum Excursions (MXE) neboli bod maximálního vychýlení těžiště v daném směru (%) a Directional Control (DCL) představující výchyly COG (%) od přímého směru pohybu, kdy 100% je směr přímý a hodnoty pod 100% znamenají odchylky od přímého směru (Kolářová et al., 2014, s. 20).

1.8.3 Rhythmic Weight Shift

Test hodnotí kvalitu balančních mechanismů při přenášení těžiště latero/laterálně a antero/posteriorně. Obdobně předchozímu testu vidí proband své COG na obrazovce a má za úkol ho přenášet tak, aby svým pohybem kopíroval pohyb žlutého sluníčka na obrazovce přiměřenou rychlostí (dle obtížnosti testu) a směrem (přenášení hmotnosti mezi levou dolní končetinou a pravou dolní končetinou či mezi špičkami a patami). Testovány jsou celkem 3 rychlosti (délka trvání pomalá – 3 s, střední – 2 s a rychlá – 1 s). Hodnotí se jak schopnost volní kontroly pohybu těžiště, tak schopnost rychlé změny směru jeho pohybu a schopnost se přizpůsobit rychlosti pohybu daného podnětu (Kolářová et al., 2014, s. 21).

2 CÍL A HYPOTÉZY

2.1 Cíl práce

Zhodnocení efektu kompenzačního cvičení mladých tenistů na vybrané parametry jejich posturální stability.

2.1.1 Výzkumná otázka č. 1

Existují rozdíly v Limits Of Stability Testu u mladých tenistů před a po kompenzační intervenci?

H₀1: Není statisticky významný rozdíl v parametru Maximum Excursions LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₁: Je rozdíl v parametru Maximum Excursions LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₀2: Není statisticky významný rozdíl v parametru Reaction Time LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₂: Je rozdíl v parametru Reaction Time LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₀3: Není statisticky významný rozdíl v parametru Movement Velocity LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₃: Je rozdíl v parametru Movement Velocity LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₀4: Není statisticky významný rozdíl v parametru Endpoint Excursions LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₄: Je rozdíl v parametru Endpoint Excursions LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₀5: Není statisticky významný rozdíl v parametru Directional Control LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₅: Je rozdíl v parametru Directional Control LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

2.1.2 Výzkumná otázka č. 2

Existují rozdíly v Rhythmic Weight Shift Testu u mladých tenistů před a po kompenzační intervenci?

H₀6: Není statisticky významný rozdíl v parametru On – Axis Velocity RWS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₆: Je rozdíl v parametru On – Axis Velocity RWS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₀7: Není statisticky významný rozdíl v parametru Directional Control RWS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

H₇: Je rozdíl v parametru Directional Control RWS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.

3 METODIKA

3.1 Charakteristika souboru

Měření se zúčastnili mladí závodně hrající tenisté, trénující alespoň třikrát týdně. Výzkumná skupina se skládala ze 13 dětí ve věkovém rozmezí 8 až 16 let (průměrný věk byl 11,3 let), přičemž bylo 8 chlapců a 5 děvčat. Děti mimo pravidelné tenisové tréninky kompenzačně cvičily 7 týdnů dvakrát do týdne (jednou samy doma a jednou pod odbornou instruktáží). Měření se odehrálo před začátkem a hned po skončení doby cvičení. Výsledky byly porovnány. Všichni testovaní byli informováni o průběhu a cíli měření a s pomocí zákonných zástupců podepsali informovaný souhlas (viz příloha 1, s. 67).

3.2 Vylučovací kritéria

Děti nesměly mít žádné onemocnění či úrazy, které by mohly ovlivnit měření, což bylo anamnesticky zjištěno před samotným měřením (viz příloha 2, s. 69). Diagnózy vylučující testování zahrnovaly úrazy dolních končetin, poruchy zraku, neurologická a systémová onemocnění (pocity závratě či nestability, Diabetes mellitus). Probandi rovněž nesměli podstupovat žádnou jinou kompenzaci před prvotním měřením. V dotazníku je uvedena dominantní (hrající) horní končetina.

3.3 Postup měření

Před samotným měřením probandi podepsali informovaný souhlas a bylo provedeno jejich zběžné kineziologické vyšetření (viz příloha 3, s. 70). Následně byly poprvé naměřeny oba posturografické testy: Limits of Stability a Rhythmic Weight Shift. Poté následoval sedmitýdenní kompenzační program, kdy děti docházely cvičit jednou týdně pod odbornou instruktáží a jednou týdně si samy cvičily doma. Po skončení intervence byly děti znovu změřeny. Realizace jednotlivých testů posturální stability proběhlo ve stejném pořadí.

3.3.1 Popis kompenzačního cvičení

Cvičení se skládalo z krátké zahřívací části, kdy se dělaly různé aktivity na prohřátí těla a pro zábavu dětí, dále z části protahovací, kdy jsme se zaměřili na výzkumem zjištěné nejčastěji zkrácené svaly u tenistů (např. m. quadratus lumborum, m. trapezius, m. sternocleidomastoideus, m. tensor fasciae latae, m. pectoralis major, m. iliopsoas, m. levator scapulae a mm. flexores digitorum), části posilovací zaměřené na svaly nesymetricky oslabené

(m. gluteus maximus a mm. abductores art. coxae vpravo a m. serratus anterior vlevo) a balanční pro zvýšení propriocepce (viz příloha 4, s. 73). Vybrané cviky si děti jednou týdně cvičily doma. S postupným zlepšováním probandů se cviky ztěžovaly.

3.3.2 Vyšetření vybraných parametrů posturální stability

Pro vyšetření vybraných parametrů posturální stability byl použit posturograf firmy NeuroCom a jeho modul Smart Equitest System. Vyšetřovaný stál v klidu bos a díval se před sebe. Pozice chodidel vyšetřovaného byla vždy před každým testem nastavena dle jeho výšky a během testování se neměnila. Výška vyšetřovaného byla vždy změřena na místě před samotným měřením. Monitor zabudovaný v kabině přístroje byl vždy nastaven tak, aby byl v úrovni očí vyšetřovaného. Během testování proband nesměl pohnout chodidly ani se dotknout kabiny.

Limits of Stability

Proband byl postaven na tenzometrickou plošinu tak, že jeho vnitřní kotník se nacházel na tmavé linii a jeho zevní kotník v závislosti na jeho výšce byl nastaven těsně u průsečíku též linie s linií S, M nebo T. S linie byla pro vyšetřované o výšce 76 – 140 cm, M linie byla pro výšku 141 – 165 cm a T linie pro 166 – 203 cm. Vyšetřovaný si nejprve vyzkoušel nanečisto přenést svoje těžiště do každého směru. Poté měl po zaznění zvukového signálu co nejrychleji a nejpřesněji dosáhnout vyznačeného bodu na obrazovce a zůstat tam až do dalšího zvukového signálu, který označoval ukončení pokusu. Totéž pak vyšetřovaný provedl pro zbylé body na obrazovce.

Rhythmic Weight Shift

Proband se postavil na silovou plošinu a opět měl své kotníky nastaveny do standardizovaného postavení. Jako v předchozím testu si opět vyzkoušel nanečisto pohyb svého těžiště, který měl v testu vykonávat. Samotný test obsahoval opět zvukový signál a vyšetřovaný se snažil ve 3 rychlostech kopírovat svým těžištěm dráhu sluníčka, které cestovalo zleva/doprava a pak dopředu/dozadu mezi dvěma čarami.

3.4 Zpracování naměřených dat

Získané hodnoty byly přeneseny do programu Microsoft Excel, kde byly upraveny pro použití v programu Statistica. Byly zde vypočítány základní statistické charakteristiky vybraných parametrů jako aritmetický průměr, medián a směrodatná odchylka.

3.5 Statistické zpracování dat

Data byla statisticky zpracována v programu Statistica 12 Cz. Byly vypočítány základní statistické charakteristiky jako aritmetický průměr, medián a směrodatná odchylka. Na základě testu normality Shapiro – Wilkova testu jsme zjistili, že některá data mají normální rozdělení (výsledky vyšší než 0,05) a použili jsme tudíž T test pro závislé vzorky. Data, která měla neparametrický charakter (signifikance menší než 0,05), bylo nutno zpracovat pomocí Wilcoxonova párového testu.

4 VÝSLEDKY

4.1 Výzkumná otázka č. 1

Existují rozdíly v Limits Of Stability Testu u mladých tenistů před a po kompenzační intervenci?

Výzkumná otázka č. 1 byla rozdělena celkem do 5 hypotéz $H_{01} - H_{05}$. Cílem bylo zjistit, zda existují rozdíly v naměřených parametrech posturografického testu LOS naměřených před kompenzačním cvičením mladých tenistů a po jeho skončení.

4.1.1 Výsledky k hypotéze H_{01}

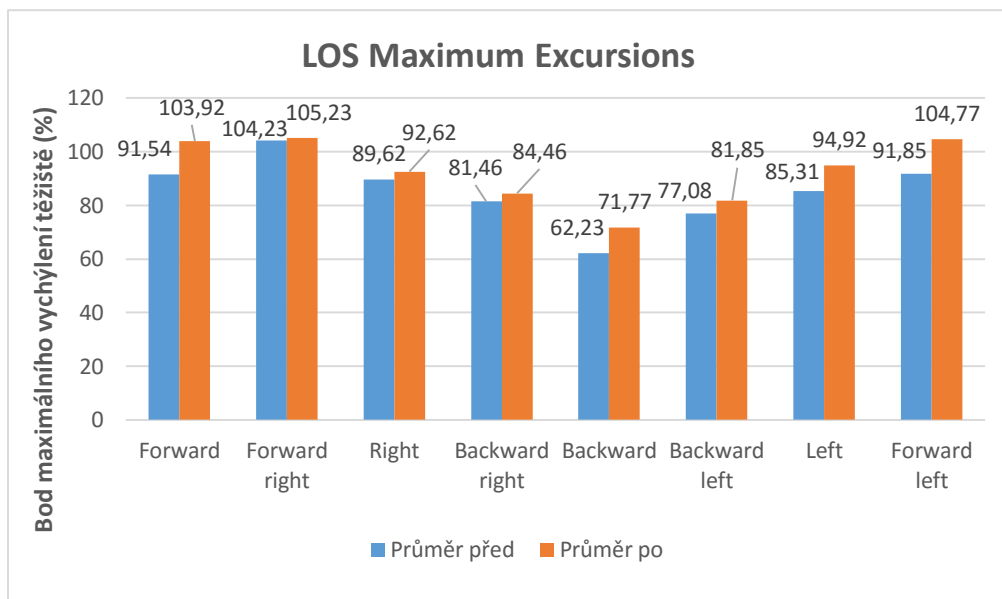
Hypotéza H_{01} zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru Maximum Excursions LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

Zamítáme pro směr **Forward, Backward, Left** a **Forward left** ve prospěch alternativní hypotézy. U výše zmíněných parametrů došlo ke statisticky významnému zvýšení maximálního bodu vychýlení těžiště v daném směru. U parametrů Left a Forward left došlo dokonce k vysoké statistické významnosti ($p \leq 0,01$). Pro směr Forward right, Right, Backward right, Backward left nulovou hypotézu nemůžeme zamítnout. Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Popisná statistika k hypotéze H_{01} (Maximum Excursions neboli bod maximálního vychýlení těžiště v daném směru udávané v %) a p hodnoty statistické významnosti

LOS Maximum Excursions											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Forward	91,54	93,00	64,00	115,00	15,66	103,92	105,00	87,00	117,00	9,66	0,04
Forward right	104,23	106,00	87,00	114,00	8,21	105,23	104,00	100,00	114,00	4,19	0,59
Right	89,62	90,00	72,00	102,00	9,90	92,62	92,00	83,00	102,00	5,53	0,18
Backward right	81,46	80,00	52,00	112,00	15,66	84,46	82,00	55,00	110,00	15,53	0,5
Backward	62,23	59,00	33,00	92,00	16,95	71,77	74,00	50,00	86,00	11,26	0,03
Backward left	77,08	75,00	43,00	122,00	23,12	81,85	81,00	56,00	104,00	13,91	0,45
Left	85,31	89,00	11,00	108,00	23,40	94,92	97,00	81,00	109,00	8,02	0,009
Forward left	91,85	100,00	13,00	109,00	24,90	104,77	107,00	90,00	122,00	8,25	0,004

Legenda k tabulce 1: LOS – Limits of stability, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota (označeno tučně)



Obrázek 4 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Maximum Excursions (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

4.1.2 Výsledky k hypotéze H02

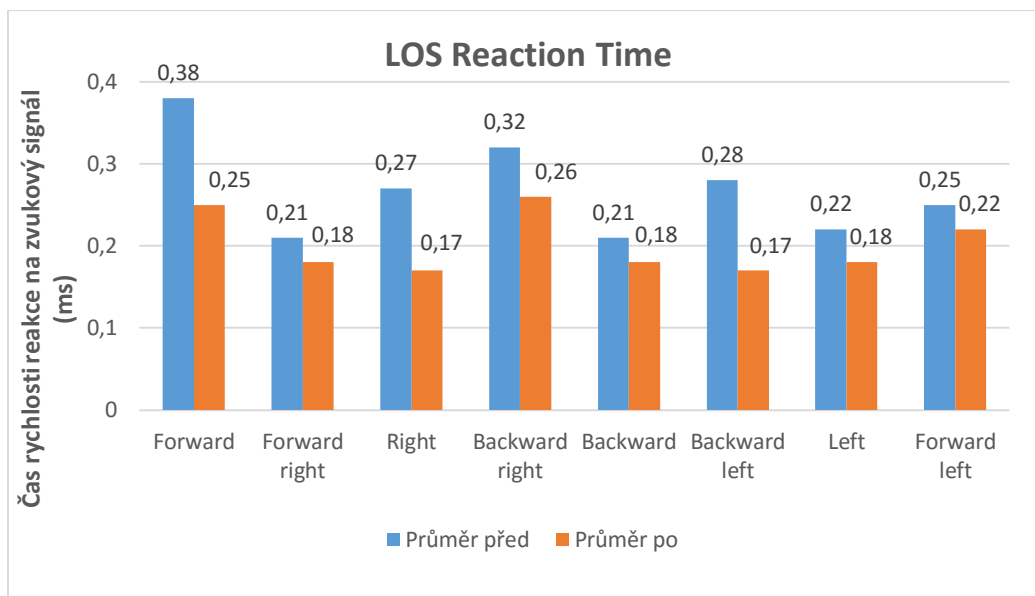
Hypotéza H_{02} zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru Reaction Time LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

Zamítáme pro směr **Forward** ve prospěch alternativní hypotézy. U tohoto směru došlo ke statisticky významnému snížení reakčního času vyšetřovaného na zvukový signál. Pro směr Forward right, Right, Backward right, Backward, Backward left, Left a Forward left nulovou hypotézu nemůžeme zamítnout. Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Popisná statistika k hypotéze H_{02} (Reaction Time neboli čas rychlosti reakce probanda na zvukový signál na začátku testu udávaný v ms) a p hodnoty statistické významnosti

LOS Reaction Time											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Forward	0,38	0,31	0,07	0,74	0,23	0,25	0,21	0,09	0,48	0,12	0,01
Forward right	0,21	0,23	0,04	0,47	0,13	0,18	0,09	0,05	0,49	0,14	0,58
Right	0,27	0,15	0,03	0,84	0,27	0,17	0,11	0,04	0,40	0,13	0,27
Backward right	0,32	0,20	0,05	1,01	0,31	0,26	0,20	0,08	0,57	0,16	0,59
Backward	0,21	0,15	0,03	0,60	0,18	0,18	0,13	0,05	0,39	0,12	0,34
Backward left	0,28	0,19	0,05	0,86	0,24	0,17	0,15	0,05	0,37	0,09	0,13
Left	0,22	0,22	0,05	0,51	0,14	0,18	0,12	0,04	0,44	0,14	0,27
Forward left	0,25	0,18	0,03	0,62	0,20	0,22	0,25	0,04	0,41	0,15	0,52

Legenda k tabulce 2: LOS – Limits of stability, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota (označeno tučně)



Obrázek 5 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Reaction Time (ms) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

4.1.3 Výsledky k hypotéze H_{03}

Hypotéza H_{03} zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru Movement Velocity LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

Průměrná rychlost COG při dosažení vyznačeného bodu (Movement Velocity) byla po 2. měření u všech směrů kromě směru Backward naměřena nepatrně vyšší. Tyto hodnoty však nebyly dostatečné a pro párový T test a Wilcoxonův neparametrický test nebyly statisticky

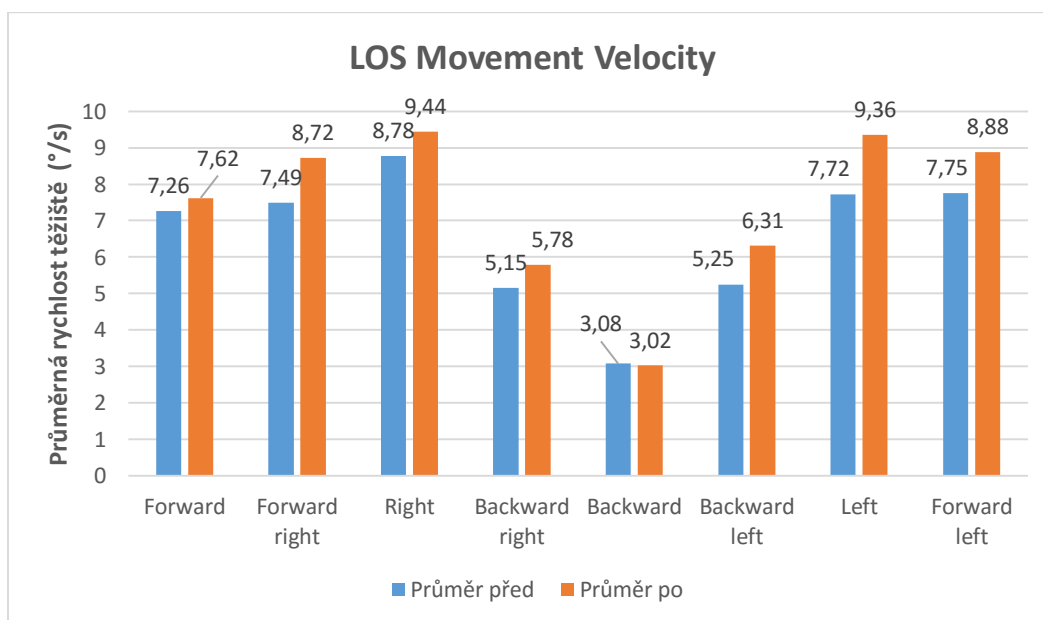
významné. Hodnoty statistické významnosti p byly pro všechny směry $p > 0,05$. Nulovou hypotézu H_{03} tedy **nemůžeme zamítnout**.

Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Popisná statistika k hypotéze H_{03} (Movement Velocity neboli průměrná rychlost těžiště při dosažení vyznačeného bodu udávaná v %/s) a p hodnoty statistické významnosti

LOS Movement Velocity											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Forward	7,26	7,20	2,90	12,40	2,93	7,62	8,10	3,80	10,30	1,98	0,72
Forward right	7,49	7,10	3,40	11,40	2,54	8,72	7,50	3,50	15,80	3,48	0,32
Right	8,78	8,10	5,50	14,40	2,60	9,44	9,80	3,40	14,40	3,56	0,51
Backward right	5,15	4,90	2,00	8,70	2	5,78	5,90	1,60	11,20	2,57	0,28
Backward	3,08	2,70	1,50	5,70	1,25	3,02	3,10	1,20	4,60	1,09	0,88
Backward left	5,25	5,10	2,80	9,20	2,04	6,31	5,90	3,30	10,60	2,46	0,32
Left	7,72	7,80	0,00	12,70	3,75	9,36	9,90	3,40	14,00	3,54	0,17
Forward left	7,75	6,80	4,00	11,90	2,74	8,88	8,20	2,50	17,20	3,87	0,35

Legenda k tabulce 3: LOS – Limits of stability, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota



Obrázek 6 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Movement Velocity (%/s) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

4.1.4 Výsledky k hypotéze H₀₄

Hypotéza H₀₄ zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru Endpoint Excursions LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

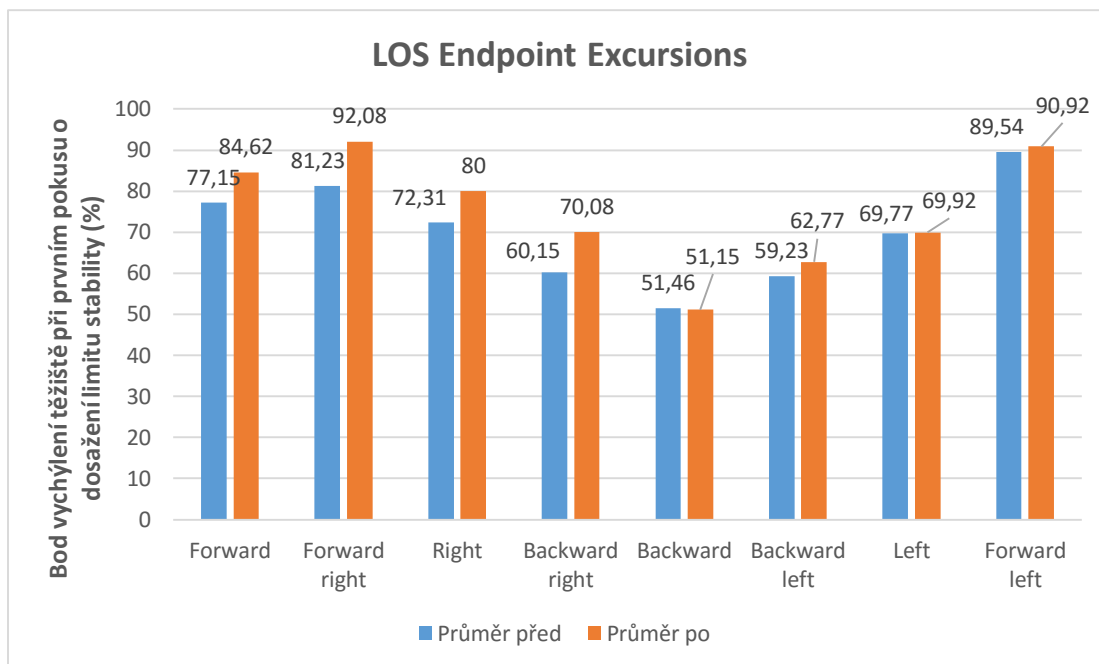
Poloha bodu vychýlení COG při prvním pokusu o dosažení limitu stability bez zaváhání (Endpoint Excursions) byla po 2. měření u všech směrů naměřena vyšší. Tyto hodnoty však nebyly dostatečně zvýšené a pro párový T test a Wilcoxonův neparametrický test nebyly statisticky významné. Hodnoty statistické významnosti p byly pro všechny směry $p > 0,05$. Z tohoto důvodu nulovou hypotézu H₀₄ **nemůžeme zamítnout**.

Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 Popisná statistika k hypotéze H₀₄ (Endpoint Excursions neboli bod vychýlení těžiště při prvním pokusu o dosažení limitu stability bez zaváhání udávaný v %) a p hodnoty statistické významnosti

LOS Endpoint Excursions											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Forward	77,15	81,00	35,00	115,00	23,42	84,62	91,00	52,00	110,00	18,32	0,42
Forward right	81,23	92,00	20,00	114,00	26,13	92,08	97,00	29,00	108,00	20,12	0,16
Right	72,31	68,00	46,00	99,00	16,03	80	81,00	44,00	95,00	12,63	0,13
Backward right	60,15	52,00	30,00	90,00	17,17	70,08	67,00	34,00	99,00	20,01	0,15
Backward	51,46	52,00	26,00	74,00	14,14	51,15	51,00	26,00	69,00	12,53	0,94
Backward left	59,23	55,00	25,00	113,00	25,41	62,77	61,00	35,00	87,00	16,01	0,67
Left	69,77	70,00	0,00	98,00	24,20	69,92	73,00	18,00	85,00	17,5	0,98
Forward left	89,54	88,00	68,00	113,00	12,64	90,92	94,00	57,00	122,00	17,65	0,38

Legenda k tabulce 4: LOS – Limits of stability, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota



Obrázek 7 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Endpoint Excursions (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

4.1.5 Výsledky k hypotéze H₀₅

Hypotéza H₀₅ zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru Directional Control LOS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

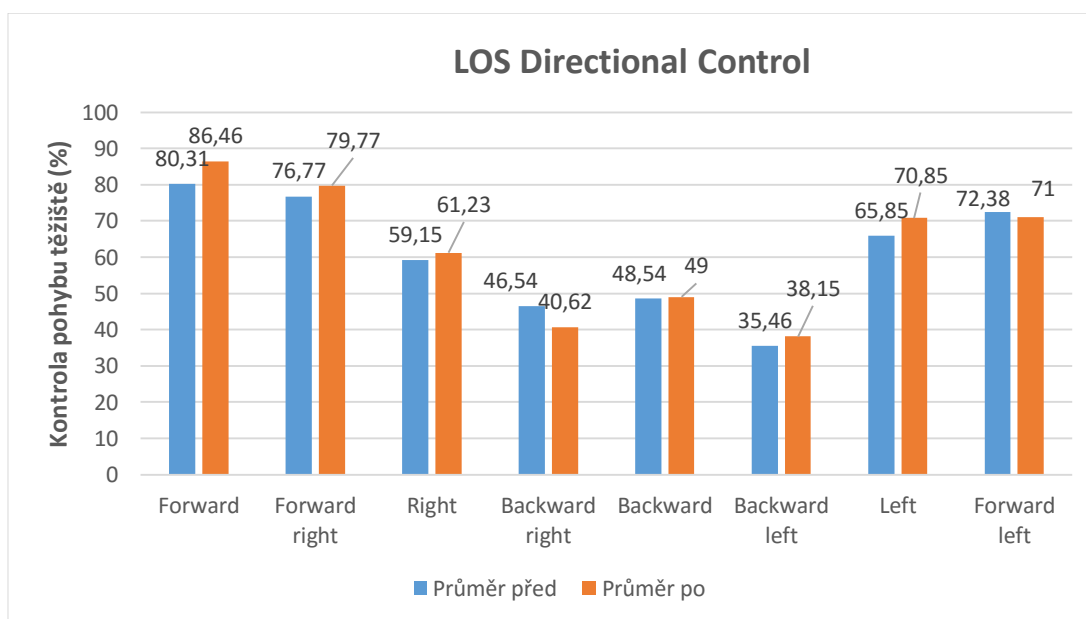
Kontrola směru pohybu COG (Directional Control) byla po 2. měření u všech směrů kromě Backward right a Forward Left naměřena vyšší. Tyto hodnoty však nebyly dostatečně zvýšené a pro párový T test a Wilcoxonův neparametrický test nebyly statisticky významné. Hodnoty statistické významnosti p byly pro všechny směry $p > 0,05$. Z tohoto důvodu nulovou hypotézu H₀₅ **nemůžeme zamítnout**.

Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Popisná statistika k hypotéze H_{05} (Directional Control neboli kontrola směru pohybu těžiště udávaná v %, kdy 100% je směr přímý a hodnoty pod 100% znamenají odchylky od přímého směru) a p hodnoty statistické významnosti

LOS Directional control											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Forward	80,31	84,00	44,00	97,00	14,42	86,46	89,00	73,00	94,00	6,36	0,17
Forward right	76,77	79,00	33,00	88,00	14,21	79,77	83,00	67,00	86,00	6,27	0,92
Right	59,15	66,00	19,00	84,00	22,07	61,23	64,00	29,00	82,00	15,9	0,55
Backward right	46,54	52,00	0,00	80,00	27,71	40,62	48,00	0,00	81,00	25,55	0,49
Backward	48,54	53,00	12,00	75,00	19,28	49	55,00	0,00	81,00	22,27	0,95
Backward left	35,46	45,00	0,00	72,00	26,31	38,15	46,00	0,00	79,00	29,16	0,74
Left	65,85	64,00	18,00	91,00	19,79	70,85	74,00	44,00	84,00	10,38	0,23
Forward left	72,38	73,00	51,00	91,00	14,17	71	73,00	47,00	90,00	14,28	0,65

Legenda k tabulce 5: LOS – Limits of Stability, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota



Obrázek 8 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Directional Control (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

4.2 Výzkumná otázka č. 2

Existují rozdíly v Rhythmic Weight Shift Testu u mladých tenistů před a po kompenzační intervenci?

Výzkumná otázka č. 2 byla rozdělena celkem do 2 hypotéz $H_{06} - H_{07}$. Cílem bylo zjistit, zda existují rozdíly v naměřených parametrech posturografického testu RWS naměřených před kompenzačním cvičením mladých tenistů a po jeho skončení.

4.2.1 Výsledky k hypotéze H06

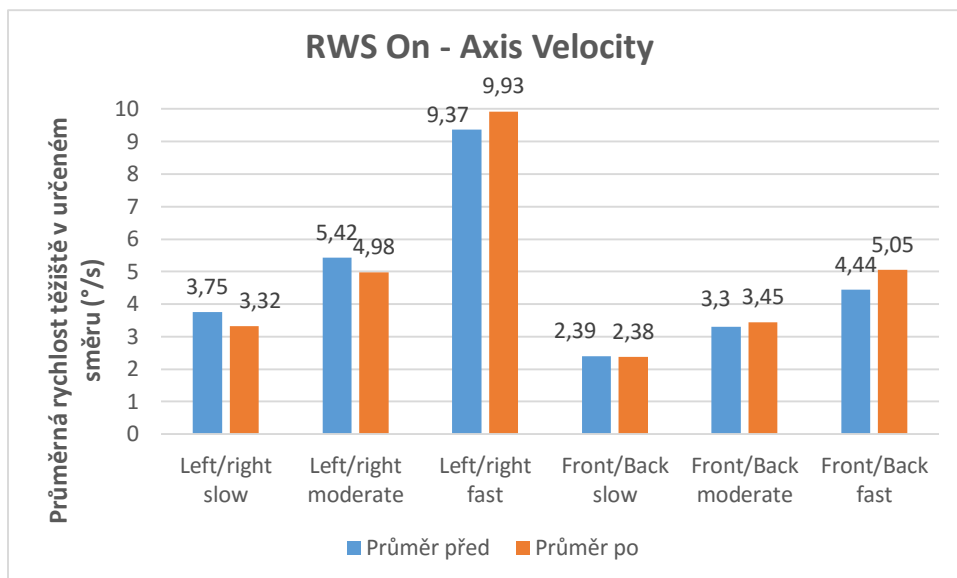
Hypotéza **H₀₆** zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru On – Axis Velocity RWS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

Zamítáme pro přenášení těžiště pomalu latero/laterálně (**Left/right slow**) ve prospěch alternativní hypotézy. U této varianty došlo ke statisticky významnému snížení průměrné rychlosti těžiště laterálním směrem. Pro zbylé varianty pohybu těžiště nulovou hypotézu nezamítáme. U přenášení těžiště laterálně střední rychlostí došlo také k jejímu snížení, u rychlosti vysoké tomu však bylo naopak, přičemž ani jeden výsledek nebyl statisticky významný. Rychlost pohybu těžiště antero/posteriorně Front/Back slow byla po 2. měření naměřena nižší, pro jeho rychlejší varianty Front/Back moderate a fast byla však naměřena vyšší. Tyto hodnoty však nebyly pro párový T test a Wilcoxonův neparametrický test statisticky významné. Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Popisná statistika k hypotéze H_{06} (On – Axis Velocity neboli průměrná rychlost těžiště v určeném směru – latero/laterálně nebo antero/posteriorně udávaná v %/s) a p hodnoty statistické významnosti

RWS On - Axis Velocity											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Left/right slow	3,75	3,70	2,90	5,50	0,67	3,32	3,20	2,70	4,00	0,41	0,03
Left/right moderate	5,42	5,10	4,40	7,20	0,93	4,98	5,10	3,20	6,00	0,78	0,06
Left/right fast	9,37	10,10	3,70	11,70	2,24	9,93	10,20	7,90	11,70	1,04	0,75
Front/Back slow	2,39	2,40	1,20	3,30	0,56	2,38	2,40	1,70	3,00	0,39	0,89
Front/Back moderate	3,3	3,20	2,40	4,60	0,71	3,45	3,50	2,60	5,30	0,72	0,51
Front/Back fast	4,44	4,40	2,00	8,20	1,8	5,05	4,90	2,60	6,90	1,35	0,16

Legenda k tabulce 6: RWS – Rhythmic Weight Shift, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota (označeno tučně)



Obrázek 9 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Rhythmic Weight Shift a parametru On – Axis Velocity (°/s) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

4.2.2 Výsledky k hypotéze H07

Hypotéza **H₀₇** zní: *Není statisticky významný rozdíl v parametru Directional Control RWS testu u experimentální skupiny před a po kompenzační intervenci.*

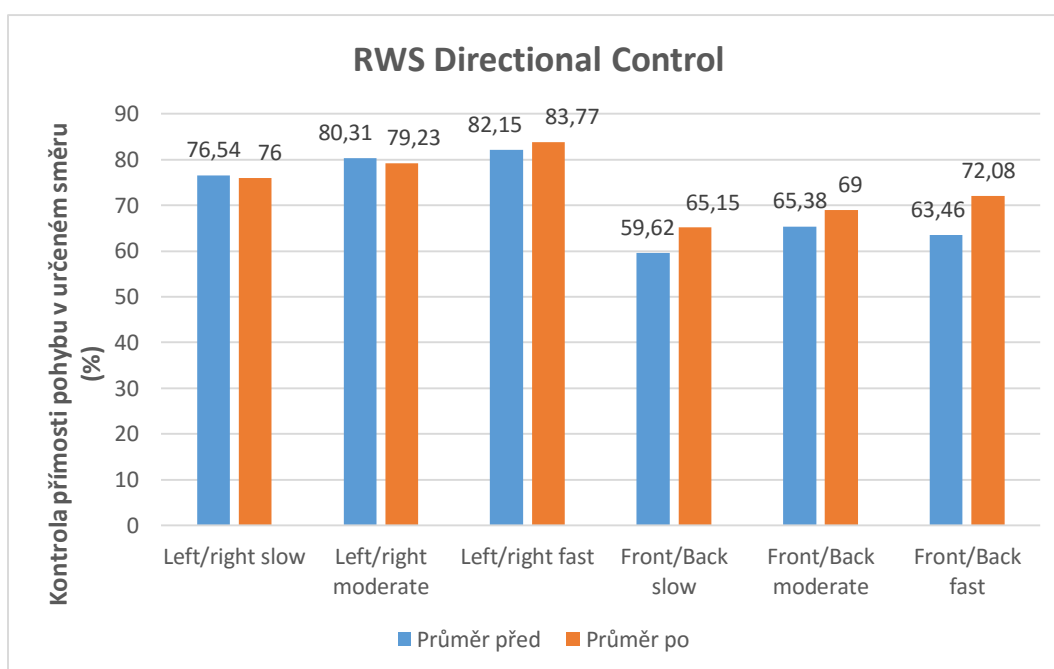
Kontrola přímosti pohybu COG v určeném směru (Directional Control) byla po 2. měření u všech variant kromě Left/right slow a Left/right moderate naměřena vyšší. Tyto hodnoty však nebyly dostatečně zvýšené a pro párový T test a Wilcoxonův neparametrický test nebyly statisticky významné. Hodnoty statistické významnosti p byly pro všechny směry $p > 0,05$. Z tohoto důvodu nulovou hypotézu **H₀₇ nemůžeme zamítnout.**

Popisné statistiky a výsledky párového T testu a Wilcoxonova neparametrického testu všech parametrů jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 Popisná statistika k hypotéze H_{07} (Directional Control neboli kontrola přímosti pohybu v určeném směru, kdy se porovnává zamýšlený směr pohybu s pohybem probandem provedeným, udávaná v %, kdy 100% znamená absolutní kopírování směru pohybujícího se bodu) a p hodnoty statistické významnosti

RWS - Directional control											
	Před intervencí					Po intervencí					P
	Průměr	Medián	Min	Max	SD	Průměr	Medián	Min	Max	SD	
Left/right slow	76,54	77,00	60,00	93,00	9,05	76	78,00	53,00	85,00	8,76	0,85
Left/right moderate	80,31	84,00	60,00	90,00	8,66	79,23	83,00	64,00	89,00	8,69	0,63
Left/right fast	82,15	87,00	33,00	92,00	15,78	83,77	84,00	68,00	95,00	7,24	0,89
Front/Back slow	59,62	67,00	32,00	78,00	16,41	65,15	70,00	45,00	88,00	13,7	0,2
Front/Back moderate	65,38	65,00	39,00	86,00	16,83	69	74,00	44,00	82,00	12,82	0,69
Front/Back fast	63,46	71,00	25,00	88,00	19,81	72,08	75,00	47,00	90,00	13,82	0,09

Legenda k tabulce 7: RWS – Rhythmic Weight Shift, SD – směrodatná odchylka, P – hladina významnosti, kdy $p \leq 0,05$ je statisticky významná hodnota



Obrázek 10 Grafické znázornění průměrných hodnot testu Rhythmic Weight Shift a parametru Directional Control (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení

5 DISKUZE

Cílem této kapitoly je souhrn výsledků práce a jejich porovnání s dostupnými odbornými poznatky z provedených studií.

V naší práci jsme zkoumali efekt 7 týdenního kompenzačního symetrického cvičení na určité parametry posturální stability. K hodnocení jsme použili posturograf. V práci jsme se zaměřili na probandy hrající tenis závodně, trénující třikrát týdně. Tato frekvence tréninků byla zvolena na základě studiemi zjištěnému vlivu míry a typu zátěže na posturální stabilitu (Bressel et al., 2007, pp. 44-45; Garcia et al., 2010, p. 31; Paterno et al., 2004, p. 307; Schmidt et al., 2009, pp. 371 – 374; Vuillerme et al., 2001, pp. 86-87). Při hodnocení posturální stability jsme se zaměřili na volní kontrolu pohybu těžiště v hranicích, kdy není nutno měnit opěrnou bázi, a na schopnost volní kontroly pohybu COG při přenášení váhy v daném směru. Testy byly měřeny přístrojem posturograf typu NeuroCom.

Při hodnocení vlivu 7 týdenního kompenzačního cvičení na volní kontrolu pohybu těžiště v hranicích opěrné báze (LOS testu) jsme v první hypotéze hodnotili maximální vychýlení těžiště (Maximum Excursions). Hodnoty jsou uvedeny procentuálně, a čím jsou bližší 100, tím je skóre lepší (Tesio et al., 2013, p. 366). Statisticky významné zlepšení jsme zaznamenali ve směru Forward, Backward, Left a Forward left (viz Tabulka 1, s. 30). Z tohoto výsledku bychom mohli usuzovat zlepšení do, pro většinu (11 ze 13), nedominantní strany.

Zaznamenali jsme také statistické snížení reakčního času na zvukový signál (Reaction Time) ve směru Forward. Dalším směrem, který se blížil ke statisticky významnému zrychlení reakce, byl směr Backward left (viz Tabulka 2, s. 32).

Hypotéza 3 hodnotila účinek cvičení na průměrnou rychlost těžiště při dosažení vyznačeného bodu (Movement Velocity) udávanou v °/s. Statisticky významné zlepšení této rychlosti nebylo zaznamenáno v žádném směru. Tendenci ke zlepšení však můžeme vidět ve všech směrech kromě směru Backward (viz Obrázek 6, s. 33).

Hypotéza 4 se zabývala bodem vychýlení těžiště při prvním pokusu o dosažení limitu stability (Endpoint Excursions). Endpoint Excursions představuje vzdálenost od horizontální dráhy COM po ideální přímce spojující jeho počáteční pozici a cíl. Čím bližší je hodnota 100%, tím je skóre lepší (Tesio et al., 2013, p. 366). Naše výsledky nevykázaly v tomto parametru žádné statistické rozdíly. U všech směrů však můžeme vidět značné procentuální zlepšení (viz Obrázek 7, s. 35).

Poslední parametr z LOS testu, který jsme zkoumali v 5. hypotéze, byla kontrola směru pohybu těžiště (Directional Control). Hodnoty ukazují odchylky od přímé trajektorie vypočítané v % (Kolářová, 2012, s. 11). V tomto parametru nebyly zaznamenány statisticky významné změny. Můžeme však opět vidět tendenci ke zlepšení u opakovaného testování kromě směru Backward right a Forward left (viz Obrázek 8 s. 36).

Z výsledků lze obecně usuzovat, že směr posunutí těžiště směrem dozadu dělal probandům největší obtíže. Totéž zjistili ve své studii Tantisuwat et al., kdy porovnávali limity stability u populace ve věku 20 až 79 let, ale srovnávali pouze směry dopředu, doprava, doleva a dozadu. Nejméně signifikantní výsledky byly ve směru dozadu (Tantisuwat et al., 2014, p. 879). Newton (2001, p. 251) toto zjištění přisuzuje biomechanickým parametrům pro kotník a nohu, které dovolují větší exkurze ve směru dopředu než dozadu. Lin a Lin (2002, p. 251) toto přisuzují faktu, že většina aktivit denního života je prováděna před tělem. Zajímavým bylo zjištění, že s věkem se omezuje dosah těžiště ve směru dopředu, doprava i doleva, avšak ve směru dozadu zůstává stejný (Tantisuwat et al., 2014, pp. 877 - 879).

Zbýlé hypotézy vychází z testu RWS. Test hodnotí schopnost práce s těžištěm na základě vizuálního feedbacku na obrazovce před probandem. Hodnocena je schopnost kopírovat pohyb sluníčka na obrazovce, dodržení jeho rychlosti a přímosti směru (Kolářová, 2012, s. 11). Hypotéza 6 se zabývá průměrnou rychlostí pohybu těžiště v určeném směru – latero/laterálně nebo antero/posteriorně (On – Axis Velocity). Pro oba směry jsou testovány celkem 3 rychlosti (Kolářová, 2012, s. 11). On – Axis Velocity je udávána ve stupních za sekundu (Borah et al., 2007, p. 398). Hladinu statistické významnosti dosáhl jeden z parametrů, a to rychlost pomalá při směru latero/laterálně (viz Tabulka 6, s. 37). Nedošlo však ke zvýšení rychlosti, nýbrž k jejímu snížení. V ostatních parametrech lze sledovat zrychlení, kromě latero/laterálního směru středním tempem (viz Obrázek 9, s. 38). Otázkou je, proč se v těchto 2 případech rychlost snížila. Možným vysvětlením by mohl být předpoklad příliš vysoké rychlosti sluníčka při prvním měření, kdy se probandi pouze učili sledovat pohyb sluníčka. Při měření druhém už zhruba věděli, jakou rychlost se mají snažit kopírovat a tudíž již tolik „nepřestřelovali“.

Hypotéza 7 zkoumána pomocí RWS testu sledovala schopnost kontroly směru (Directional Control) udávanou v % z normy přímého směru, kdy 100 znamená absolutní kopírování směru pohybujícího se bodu (Borah et al., 2007, p. 398; Kolářová et al., 2014, s. 21). Statisticky významně nevyšel žádný z parametrů, avšak v případě pohybu antero/posteriorním

s rychlým tempem se p blížilo hladině statistické významnosti (viz Tabulka 7, s. 39). Ve všech parametrech kromě pohybu latero/laterálně střední rychlostí došlo ke zlepšení (viz Obrázek 10, s. 39).

Z těchto výsledků nemůžeme stanovit závěr, že se kompenzačním cvičením jednoznačně zlepšily tyto vybrané parametry posturální stability u mladých tenistů. Můžeme však usuzovat na jejich zlepšující se tendenci.

Co se týče vlivu kompenzačního cvičení tenistů na jejich stabilitu, není nám známo, že by existovala nějaká jiná studie zabývající se tímto tématem. Naše měření je zcela pilotní a výsledky naší diplomové práce nemůžeme zatím s ničím porovnat.

5.1 Diskuze k délce kompenzační intervence

Délka intervence, kterou naši probandi podstoupili, činila celkem sedm týdnů. Otázkou je, zda-li intervence byla dostatečně dlouhá pro ovlivnění posturální stability. Studie Heitkamp et al. (2001, p. 258), Kostopoulos et al. (2012, p. 316), Sannicandro et al. (2014 p. 398 – 400) a Valovich McLeod et al. (2009, p. 465), provádějící cvičební intervenci, prokázaly statisticky významný vliv na posturální stabilitu nebo sportovní výkon. U všech těchto studií trvala intervence kratší dobu než v naší diplomové práci.

5.2 Diskuze k vlivu věku na posturální stabilitu

Výsledky naší studie mohou být ovlivněny i faktem, že se posturální kontrola vyvíjí s věkem.

Dle výzkumu Pyykkä et al. (in Míková, 2006, s. 33) do 10 let věku není posturální kontrola plně vyvinutá. Schmid et al. (2005, p. 11) tvrdí, že balanční kontrola je pravděpodobně utvářena dokonce až do 11 let dítěte. Ve své studii Schmid et al. v zájmu pochopení vývoje balanční kontroly zkoumali 148 dětí ve věku 7 až 11 let. Výzkum probíhal na silových plošinách, kdy děti měly za úkol pochodovat a pak v klidu stát nejdříve s očima otevřenými a pak s očima zavřenými. Zjistil, že vývoj posturálních strategií u dětí není lineární. Závisí na mnoha faktorech jako např. antropometrických (výšce a váze), na měnícím se vlivu zraku a na dozrávání centrálního nervového systému (Schmid et al., 2005, p. 1 – 9; Riach and Starkes, 1993, p. 107).

Totéž prokázal i Kirshenbaum (2001, p. 421) ve své studii na 17 zdravých dětech ve věku 5 až 6 let, které testoval v intervalech 3 až 4 měsíců až do 8 let. Malé děti podle něj

užívají primárně balistickou strategii vysokých rychlostí a exkurzí, kdy se snaží opravit COP, aby udrželi COM v rámci opěrné báze. Ve věku 8 až 9 let pak progredují k integrované přesnější kontrole, kdy využívají menší a frekventovanější exkurze pro udržení balanční kontroly (Kirshenbaum, 2001, p. 420 – 421).

Riach and Starkes se rovněž zabývali výzkumem limitů stability dětí. Jejich výzkumu se účastnilo 70 dětí v rozmezí 4 až 14 let a 17 dospělých. Všichni testovaní stáli na silové plošině s očima otevřenými a poté se zavřenými. Jejich úkolem bylo se předklonit co nejdál ve směru dopředu, dozadu, doleva a doprava. Zjistili, že rozsah možného náklonu a dostupného využití opěrné báze dramaticky vzroste kolem věku 7 až 8 let. Toto zvýšení limitů stability nevysvětluje vývojem fyzickým, ale vývojem senzomotorickým závisícím na věku. Předpokládají to na základě výsledků posturální stability 7letých dětí, které měly daleko větší limity stability při zavřených očích než děti 6 leté. Ve své studii zmiňují fakt, že stupeň stability je proporcionální k velikosti opěrné báze. Děti kvůli menší velikosti nohou nemají tím pádem ani tak velkou opěrnou bázi, ani posturální stabilitu. Od 7 let věku však používají přibližně stejné procento opěrné báze jako dospělí při normalizaci k velikosti nohy. (Riach and Starkes, 1993, p. 105 – 110).

Vestibulární a vizuální systém se vyvíjí až po tom, co je somatosenzorický systém zcela rozvinutý (Hirabayashi and Iwasaki, 1995, p. 111). Shumway – Cook and Woollacott (1985, p. 131) zmiňují, že děti zažívají největší rozvoj sensorické integrace mezi 4 a 6 lety. Věk, kdy dozrává vestibulární a vizuální systém, se u nich liší, Schmid et al. (2005, p. 11) udávají zrání kolem 11 let věku, zatímco Steindl et al. (2006, p. 477) ho udávají až v 16.

Breen et al. provedli studii na 389 atletech ve věku 10 až 18 let, kdy evaluovali jejich posturální kontrolu. Probandy rozdělili do skupin 10 až 12, 13 až 15, a 16 až 18 let. Každý z nich prošel upraveným Balance Error Scoring systémem, který je na rozdíl od neupraveného dělán na pevném povrchu. Účastníci studie vykonali 3 pokusy 3 různých stojů – na obou nohách, na noze jedné a tandemový stoj se zavřenými očima. Každý pokus byl 20 sekund dlouhý. Jako chyba bylo bráno otevření očí, zvednutí horních končetin nad úroveň kyčlí, úkrok, nezvládnutí stoje, zvednutí jakékoliv části chodidla od podložky, nebo abdukce v kyčli víc jak 30°. Dalším testem byl Y Balance Test, užíván jako identifikátor deficitů posturální stability a rizika poranění dolních končetin. Probandi stáli bosí na plošině, přičemž měli za úkol posunout krabici jejich jednou nohou co nejdál ve směru anteriorním, posteriomediálním, a posterolaterálním a pak vrátit nohu do výchozí pozice bez ztráty rovnováhy. Jako ztráta

rovnováhy bylo bráno pohnutí stojícího chodidla, ztráta kontaktu s krabicí, neschopnost se vrátit do původní pozice či položení nohy na krabici. Ti v nejmladší skupině ukázali při měření největší množství chyb. Breen et al. zároveň zmiňují, že při posuzování posturální stability u jedinců mladších 13 let (např. po zranění) by se měly výsledky posuzovat s opatrností, protože věk v takovém případě může být faktorem ovlivňujícím výsledky (Breen et al., 2016, p. 1 - 6).

Při hodnocení výsledků naší diplomové práce je z tohoto důvodu třeba vzít v úvahu věkový rozsah zkoumaných dětí, který kvůli malému zájmu ze strany trenérů, rodičů i dětí byl příliš velký (od 8 do 16 let). Můžeme se domnívat, že pokud by věkové rozpětí našich probandů nebylo tak široké, mohli bychom dosáhnout validnějších výsledků, co se týče vlivu pohybové intervence na posturální stabilitu.

Otázkou je, zda bylo použito vhodných testů posturální stability pro tuto věkovou skupinu. Alsalaheen et al. (2015, p. 2194) zkoumali reliabilitu a validitu Limits of Stability testu přístroje NeuroCom. Ve své studii jako první vůbec zkoumali validitu a reliabilitu dynamického vyšetření posturální stability používající silové plošiny. V jejich studii bylo zkoumáno 36 dětí z 9. až 12. třídy, a pak jich 15 bylo za týden změřeno znovu. Porovnávaly se výsledky LOS a Balančního Error Scoring systému (testy statické stability), kde byli probandi požádáni o udržení rovnováhy se zavřenýma očima ve 3 pozicích (s nohama u sebe, ve stoji na nedominantní dolní končetině a v tandemovém stoji). Na základě výsledků studie Alsalaheen et al. (2015, p. 2197) považují test Limits of Stability za spolehlivý pro testování adolescentů. Spolehlivost však dle jejich výzkumu není tak vysoká pro děti mladšího věku (9 až 10 leté) (Alsalaheen et al., 2015, p. 2195). Vzhledem k tomu, že někteří probandi v naší práci byli mladší 10 let, spolehlivost LOS testu mohla být z tohoto důvodu snížena. Zároveň ale zmiňuje, že aktuální statické a dynamické testy nejsou dostatečně funkční a podobné dětskému pohybu a proto není jisté, jestli by jejich dynamická stabilita nebyla jiná při testech jako je např. výskok (Alsalaheen et al., 2015, p. 2195).

5.3 Diskuze ke kompenzaci v souvislosti s posturální stabilitou

Sportovní aktivity vyžadují komplexní úroveň rovnováhy zahrnující koordinované pohybové vzory tělesných segmentů (Alsalaheen et al., 2015, p. 2194). Poškození některé ze složek podílejících se na řízení posturální stability může ovlivnit optimální sportovní výkon bez možnosti detekce statickými posturálními testy. Z tohoto důvodu je preferováno u dospívajících sportovců dynamické vyšetření posturální stability (Alsalaheen et al., 2015,

p. 2195). Zatím však není dostatek studií zkoumajících validitu a spolehlivost dynamických posturálních testů u adolescentů.

Přes intenzivní výzkum posturální stability v průběhu let jsou její vyšetřovací metody v klinické praxi velmi variabilní. Tuto variabilitu lze přičíst jak inkonzistentní nomenklatuře, tak přístrojům používaným pro výzkum posturální stability (Alsalaheen et al., 2015. p. 2194).

Posturografie hodnotí řadu aspektů posturální kontroly. V naší diplomové práci byly hodnoceny strategie proaktivní (testy LOS a RWS). Míková (2006, s. 45) poukazuje na to, že posturografické vyšetření ve stoji není dostačující a je nutno se zaměřit i na automatické posturální reakce, anticipační mechanismy a posturální kontrolu během pohybu.

Při hodnocení účinku kompenzačního cvičení na kvazistickou bilanci (bez změny opěrné báze) testy LOS a RWS, došlo ke statisticky významnému zvýšení ve schopnosti maximálního vychýlení těžiště (%) ve směru dopředu, dozadu, doleva a dopředu doleva, a k rychlejší reakci probanda (ms) na zvukový signál ve směru dopředu. Při zkoumání průměrné rychlosti těžiště (°/s) při dosažení vyznačeného bodu, bodu vychýlení těžiště při prvním pokusu o dosažení limitu stability (%) a kontroly směru pohybu těžiště (%) byly zaznamenány obecně zlepšené hodnoty, avšak zlepšení nebylo dostatečné, aby bylo statisticky významné. V případě průměrné rychlosti těžiště u testu RWS došlo ke statisticky významné změně, avšak ke snížení rychlosti ve směru latero/laterálním pomalou rychlostí. Ostatní parametry vykázaly její zrychlení až na latero/laterální směr rychlostí střední. V kontrole přímosti pohybu u RWS testu se hodnoty zvýšily, opět až na latero/laterální směr rychlostí pomalou a střední, nebyly však statisticky významné.

Uvedené zlepšení si můžeme vysvětlit efektem motorického učení. Dozza et al. (2011, p. 315) uvádí, že posturální stabilita se zlepšuje s opakováním úkolu. Horak et al. (1989, p. 841) zmiňuje, že předchozí zkušenost či poznatek o posturálním úkolu ovlivní jeho provedení.

5.3.1 Účinek balančního cvičení na stabilitu

Tendenci ke zlepšení posturální stability můžeme vysvětlit také balančním cvičením zahrnutým do kompenzačního programu. Balanční cvičení bylo zahrnuto do baterie cviků kvůli prevenci poranění (Malliou et al., 2004, p. 149; Malliou et al. 2010, p. 389; Valovich McLeod et al., 2009, p. 465; Wedderkopp et al., 1999, p. 46).

Přesto, že je tenis nekontaktním sportem, je spojen s řadou zranění. Vyžaduje vysokou schopnost rovnováhy a ztráta posturální kontroly zde představuje rizikový faktor (Taube et al.,

2008, p. 103). Proto je pro hráče propriocepce zvláště důležitá. Aktuální studie podporují myšlenku, že balanční cvičení zintenzivňuje propriocepti stimulací proprioceptorů poskytujících zpětnou vazbu pro udržení rovnováhy a detekce polohy těla a chrání tak atlety před zraněním (Malliou et al., 2004, p. 149; Malliou et al. 2010, p. 389; Wedderkopp et al., 1999, p. 46). Balanci zlepšuje i po případném zranění a slouží jako prevence jeho recidivy (Taube, p. 103).

Balančním cvičením je dosaženo správné aktivace svalového korzetu trupu při provádění specifických tenisových pohybů (Behm et al., 2010, p. 109; Sannicandro et al., p. 398). Nicméně Behm et al. uvádějí, že vztah mezi tréninkem na nestabilních površích, prevencí úrazů a snížením silových asymetrií není dosud zcela jasný (Behm et al., 2010, p. 109).

Studie Valovich McLeod et al. analyzovala účinek neuromuskulárního tréninku na balanci mladých atletů. Studie se účastnilo 62 hráček basketbalu navštěvujících střední školu. Experimentální skupina podstoupila 6 týdenní program zahrnující plyometrické funkční posilování a balanční cvičení. Balance Error Scoring System a Star Excursion Balance Test byly měřeny před a po intervenci. Autoři zaznamenali signifikantní zlepšení stability u experimentální skupiny v Balance Error Scoring System. Také zaznamenali zvýšení v dosahu do laterálního, anteromediálního, mediálního a posteriorního směru (Valovich McLeod et al., 2009, p. 465).

Sannicandro et al. ve své studii prokázali signifikantní rozdíly ve funkční asymetrii dolních končetin před a po absolvování balančního tréninkového programu. Zkoumali úroveň silové a rychlostní asymetrie dolních končetin u mladých tenistů a efekt balančního tréninku na její snížení. Do své studie vybrali 23 mladých tenistů ve věku 13 až 14 let. Experimentální skupina podstoupila 12 tréninků zaměřených na rovnováhu v období 6 týdnů. Po této intervenci byl stupeň asymetrie na dolních končetinách nižší. Přítomnost např. silové asymetrie dolních končetin je totiž nevýhodná z důvodu dlouhodobého rizika úrazů, nemluvě o limitaci výkonu sportovce (Sannicandro et al. 2014 p. 398 – 400).

Redukci funkční asymetrie se podařilo zmenšit Sannicandrovi také při tréninku balance u profesionálních fotbalistů. Na funkční asymetrii mělo účinek už pouhých 16 lekcí (Sannicandro in Sannicandro et al., 2014, p. 400).

Tento poznatek vede k myšlence, že balanční cvičení je účinné ve zlepšování kontroly reakční síly atletů a jejich schopnosti stabilizovat dolní končetiny ve frontální i sagitální rovině (Cug et al. in Sannicandro et al., 2014, p. 399; Russell et al. in Sannicandro et al., 2014, p. 399).

Navíc balanční cvičení nutí subjekty distribuovat zatížení rovnoměrně mezi 2 končetinami. Kdyby bylo zatížení rozděleno nerovnoměrně, došlo by k pádu (Sannicandro et al., 2014, p. 399).

Dalším důležitým benefitem balančního cvičení je zlepšení výkonu ve sportu obecně. Hrysomallis se ve své studii zabýval vztahem mezi schopností rovnováhy a sportovním výkonem (Hrysomallis, 2011, p. 222). Ve své studii uvádí, že u některých sportů vykazovali lepší schopnost stability ti úspěšnější. Proto je podporována myšlenka, že trénink stability může být velmi vhodný k doplnění každého tréninku sportovců. Balanční trénink však nesmí být vyměněn za jiný typ tréninku jako např. silový. Zároveň uvádí, že pro výsledky balančního tréninku u vrcholových sportovců je třeba ještě provést další výzkum (Hrysomallis, 2011, p. 222). Bruhn et al. (2006, p. 401) doporučuje, aby byl sensomotorický trénink prováděn jako první.

Sporty, kde byla prokázána lepší schopnost stability u těch úspěšnějších, jsou střelba, fotbal a golf. Může to být důsledek intenzivnějšího tréninku, ovlivňujícího motorické odpovědi, a také schopnosti sportovců odpovídat na příslušné proprioceptivní a vizuální podněty. Trénink může také zlepšit koordinaci, sílu a rozsah pohybu, což může být důvodem zlepšení stability (Hrysomallis, 2011, p. 228). Zejména koordinace těla (mnoha kloubů a svalů) je totiž pro stabilitu nezbytná, zvláště při vykonávání dalších činností současně (Balasubramaniam et al., 2000, p. 23; Hsu et al., 2007, p. 3024; Park et al., 2016, p. 1757).

V jiných sportech (lyžování, surfování a judo) však toto zlepšení Hrysomallis u úspěšnějších nenašel. Eventuálním vysvětlením může být, že elitní lyžaři tráví více času v lyžařských botách a nemusejí tedy tolik posturálně kontrolovat hlezna a chodidla. V případě surfařů předpokládal, že testy nebyly dostatečně specifické či náročné, aby detekovaly rozdíly ve schopnosti stability (Hrysomallis, 2011, p. 228).

Přidání tréninku stability u rekreačně sportujících či k výuce tělocviku se projevilo ve zlepšení vertikálního skoku, hbitosti, člunkového běhu, rychlosti bruslení a slalomového lyžování. Dostupná data vlivu balančního tréninku na motorické schopnosti u elitních sportovců jsou zatím limitovaná. V porovnání tréninku stability a tréninku silového, měl silový trénink lepší výsledky pro výšku skoku a sprinty (Hrysomallis, 2011, p. 221 – 226).

Rovnováha je tedy jednou z nejdůležitějších schopností, které by měli hráči tenisu rozvíjet. Schopnost rovnováhy nejen chrání před zraněním, ale také maximalizuje výkon hráče. Tuto myšlenku Malliou et al. vyslovili ve své studii, kterou prováděli na 36 elitních mladých

tenistech ve věku 12 až 16 let hrajících aspoň 6 let. Zkoumali vliv tenisových tréninků na stabilitu hráčů. Stabilita byla testována těsně před a po tréninku pomocí balančních čoček a Biodex Stability System. Trénink měl 90 minut a probíhal třikrát týdně. Biodex Test zahrnoval stoj na jedné noze po dobu 20 sekund, kdy se balanční podložka nakláněla až 20° v jakémkoliv směru. (Malliou et. al. 2010, p. 389 – 390).

Ke stejnému závěru dospěl Kostopoulos et al. ve své studii na starších basketbalistech 21 až 23 letých, kdy zkoumal účinek 1 týdenního propioceptivního a balančního cvičení. Došel k závěru, že experimentální skupina zlepšila svůj výkon (hráčovu schopnost přihrát) oproti skupině kontrolní na základě této intervence. Také ale zmiňuje, že zlepšení mohlo být též být ovlivněno např. antropometrickými charakteristikami hráčů (např. jejich výškou) (Kostopoulos et al., 2012, p. 316).

Kean et al. ve své studii na 24 ženách zkoumali efekt 6 týdenního balančního cvičení u dřepu s výskokem. Sledované parametry byly výška skoku, aktivace svalů při doskoku a čas při sprintu. Zjistili, že balanční cvičení zvýšilo aktivaci m. rectus femoris v průběhu dopadu po zkoumaném výskoku. Dalším, co bylo ovlivněno, byl vývoj síly (výbušnost) a tím výkon, např. u dřepu s výskokem (Kean et al., 2006, p. 138 - 146).

Četné studie potvrzují pozitivní vliv balančního cvičení i na svalovou sílu (Bruhn et al., 2006, p. 401; Heitkamp et al., 2001, p. 258; Hirsch et al., 2003, p. 1109; Taube et al., 2008, p. 101 – 103). Heitkamp et al. se snažili zjistit efekt balančního cvičení na svalovou sílu flexorů a extenzorů kolene. Do studie bylo zahrnuto 15 probandů, kteří absolvovali 6 týdenní program s 12 lekce, každá trvající 25 minut. První skupina podstoupila pouze trénink balanční a druhá jen silový. U balančního tréninku byla použita trampolína, gymball a rolling board. Jako test stability byl použit stoj na 1 noze na úzkém povrchu a naklánějící stabilometr. Mimo jiné byl zjištěn rozdíl svalové balance mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou. Nárůst síly byl zjištěn mezi oběma skupinami. U skupiny s balančním tréninkem se však daleko víc zlepšila stabilita a také se vyrovnal rozdíl mezi dolními končetinami. Z výsledků této studie je opět znát, že balanční trénink zvyšuje svalovou sílu, a navíc oproti tréninku silovému vyrovnávání svalové dysbalance (Heitkamp et al., 2001, p. 258).

Výzkum provedený Taubem et al. též podporuje myšlenku maximalizace výkonu. Balanční trénink podle nich nejen funguje jako prevence zranění, ale také zlepšuje výkon s důrazem na sílu. Také zmiňují fakt, že jelikož balanční trénink zatěžuje svaly a vazy okrajově,

tento efekt tréninku je prospěšný zvláště pro děti v pubertě, kteří mají vysoké riziko poranění z přetížení. (Taube et al., 2008, p. 101 – 103)

Malliou et al. (2010, p. 389) potvrdil potřebu zahrnutí specifického balančního cvičení do regulérních tréninků tenistů. Bylo totiž prokázáno, že čistě tenisový trénink nemá na stabilitu vliv. Otázkou je, jestli je lepší toto cvičení provést před, anebo po normálním tréninku (Malliou et al. 2010, p. 392).

Balanční trénink může vést ke specifickým neurálním adaptacím na spinální a supraspinální úrovni (Taube et al., 2008, p. 103). Může potlačit spinální excitabilní reflex jako např. reflex myotatický v průběhu posturálních úkonů, což vede k méně destabilizujícím momentům a ke zlepšení stability. Inhibice stretch reflexu svalu může zvýšit kokontrakci (koordinaci mezi) agonisty a antagonisty umožňující zlepšenou pozici v kloubech, což zmírní kloubní tuhost a stabilizuje kloub (Lloyd, 2001, p. 645).

5.3.2 Účinek posilování středu těla (core exercises) na stabilitu

Cvičení posilující střed těla (core) zahrnuté v naší intervenci je velmi důležité. Trénink středu těla má preventivní účinky na zranění, mimo jiné také ale zvyšuje výkon (Behm and Anderson, 2006, p. 716; Wilson et al., 2005, p. 316). Během pohybu je těžiště (COM) v neustálém pohybu. Muskulatura ho obklopující hraje důležitou roli v motorické funkci, udržuje stabilní oporu pro hmotu těla (Akuthota and Nadler, 2004, p. S86; Wilson et al., 2005, p. 316). Svaly středu těla konstantně pracují na udržení postury, absorpci zátěže, ochraně nervových struktur a asistenci změn postury a dynamických pohybů. Tyto svaly představují most k transferu sil mezi horními a dolními končetinami (Bliss and Teeple, 2005, p. 179).

Sandrey and Mitzel zkoumali efekt 6 týdenního posilovacího programu středu těla na dynamickou bilanci. Studie se zúčastnilo 13 středoškolských atletů. Trénink se skládal ze 3 úrovně baterie 6 cviků třikrát týdně. Pro zhodnocení intervence použili Star Excursion Balance Test, kdy proband stojí na 1 noze a zároveň se snaží dosáhnout tou druhou co možná nejdál do posteromediálního, mediálního a anteromediálního směru. Po skončení cvičení byly naměřeny lepší výsledky pro všechny směry. Vzhledem k výsledkům studie posilování středu těla doporučují pro sportovce. (Sandrey and Mitzel, 2013, p. 264).

Ke stejně pozitivnímu závěru došli i Kaji et al., kdy zkoumali přechodný efekt cvičení k posílení středu těla na posturální výchylky během stoje. Studie se účastnilo 17 mladých dospělých jedinců. Probandi měli vykonat 30 sekundové cvičení a následně byli opět změřeni.

Testem byl stoj se zavřenými očima na silové plošině. Výsledkem bylo zmenšení trajektorie COP a jeho celkových výchylek. Tímto bylo prokázáno, že posilování středu těla může zlepšit posturální kontrolu během stoje (Kaji et al., 201, p. 382).

Arnold et al. zkoumal vliv přidaného „core“ tréninku do intervence balančního cvičení. V jejich studii byla porovnána stabilita a posturální kontrola po 9 týdenním programu. Zkoumáno bylo 23 dospělých. První skupina prošla navíc posilováním středu těla a druhá čistě balančním cvičením. Použitým testem byl Sit to Stand Test. Probandi měli za úkol sedět na židli bez opěrky se zkříženými rukama na sobě a vstávat a zase si sedat co nejrychleji v limitu 30 sekund. Výsledky testu se u obou skupin s cvičením středu těla zlepšily. Přidání posilování středu těla však nezaznamenalo větší zlepšení než bylo ve skupině s čistě balančním cvičením. Arnold et al. proto doporučují provést další studie vlivu core tréninku na stabilitu (Arnol et al., 2015, p. 95 - 101).

I přes nesignifikantní zlepšení ve všech testech naší studie musíme zdůraznit důležitost kompenzačního cvičení u tenistů a zvláště pak u dětí, které v době růstu mohou být jednostrannou zátěží ovlivněny. Jak uvedl Pluim et al. ve své studii, náročný a opakující se trénink v průběhu vývoje dětí může hrát významnou roli v adaptaci morfologie páteře (Pluim et al., 2006, p. 415). Svalový vývoj je totiž ovlivněn požadavky specifického sportu (Renkawitz et al., 2008, p. 409; Roetert et al., 1996, p. 20).

5.4 Limity studie

Jedním z nejproblematičtějších limitů studie byl počet probandů. Zkoumaný vzorek dětí ($n = 13$) byl příliš malý z důvodu malé podpory ze strany trenérů a rodičů, pro které byla participace ve studii příliš náročná, a také kvůli personálním a časovým možnostem autorky. Konečný počet probandů tedy jistě nebyl dostatečně reprezentativním vzorkem k vyvození závěrů na základě výsledků. Rovněž lze usuzovat, že by výsledky s větší zkoumanou skupinou získaly jinou signifikanci.

Dalším limitem naší studie mohla být nízká spolehlivost testů. Může být dána nestandardními podmínkami během testování, nestálostí podmínek vnějšího prostředí, různým psychickým stavem probandů, nedokonalostí testů a jejich vyhodnocováním (Míková, 2006, s. 113). Co se týká psychiky probandů, fixní držení těla z důvodu strachu, nervozity či velké náročnosti situace se může projevat i jako posturální nestabilita. V takové situaci dochází k redukované variabilitě COP a změně strategií posturální kontroly (Míková, 2006, s. 114).

Při posturografickém testování je nutno si ověřit spolehlivost, přičemž je nezbytné vybrat realibilní testy a také jejich parametry (Míková, 2006, s. 40). Pro objektivitu testů Míková (2006, s. 114) rovněž doporučuje realizovat situace ve dvou opakováních šetření reliability každého z nich.

Dalším limitem studie byla aktivní participace dětí při cvičení. Nebylo možné zajistit docházku dětí na každou hodinu a těž nebylo možné kontrolovat cvičení doma. Z hlediska intenzity cvičení pro vůbec nějaké změny by bylo třeba provést výzkum intenzivnější a dlouhodobější jako to udělali Breen et al. (2016, p. 1) nebo Kirshenbaum (2001, p. 420), což pro naši práci nebylo možné.

Zájem o kompenzaci dětí ze strany rodičů a částečně i trenérů bohužel nebyl vysoký. Pro budoucí pokračování v tomto výzkumu by bylo příhodné nedělat pouze kompenzaci, ale spojit ji s např. plymoetrickým tréninkem výkonu či rychlosti úderů. Dle zkušenosti Barber – Westina et al. (2010, p. 2374) sportovci, jejich rodiče i trenéři jsou ochotnější účastnit se programů zaměřených i na zlepšování celkového výkonu ve sportu než jen preventivně zaměřených.

Další otázkou je dostatečnost intenzity kompenzace. Pro zvýšení zlepšení stability hráčů by jistě byla přínosná práce s dětmi i přímo na kurtu, kde by se kontrolovalo držení celé horní poloviny těla, trupu, pozice dolních končetin, snížení COG hráčů zvětšením flexe kolen a kyčlí v průběhu hry, jako ve studii provedené Barber – Westin et al. (2010, p. 2379).

Jak již bylo zmíněno výše, věková kategorie probandů, u kterých se výzkum prováděl, byla poměrně široká. Pro budoucí, případně pokračující studie by bylo vhodné věkovou hranici zúžit, jelikož věk hraje při hodnocení posturální stability velkou roli (Breen et al., 2016, p. 1 – 6; Kirshenbaum, 2001, p. 420 – 421; Riach and Starkes, 1993, p. 105 – 110).

Otázkou je také vliv různého soustředění dětí, při provádění posturografických testů. U většiny z nich byla znát únava z nucené pozornosti a často jejich problematické soustředění na provedení výkonu. Spolehlivost výsledků měření tím byla jistě ovlivněna.

Další, co by bylo vhodné vzít v úvahu, jsou slovní instrukce daná probandům před měřením. Dle Míkové (2006, p. 47) záleží na přesné formulaci této instrukce, jako např. stůjte teď klidně a normálně či stůjte co možná nejstabilněji.

ZÁVĚR

Diplomová práce zkoumala vliv 7 týdenního kompenzačního cvičení mladých tenistů na vybrané parametry posturální stability. Posturální stabilita byla testována kvůli své důležitosti pro všechny sportovce vzhledem k riziku poranění (Malliou et al., 2004, p. 149; Malliou et al. 2010, p. 389; Valovich McLeod et al., 2009, p. 465; Taube et al., 2008, p. 103; Wedderkopp et al., 1999, p. 46).

Vybrané testy měly za úkol změřit schopnost volního vychýlení těžiště v 8 vymezených směrech (LOS) a kvalitu balančních mechanismů při přenášení těžiště latero/laterálně a antero/posteriorně ve 3 rychlostech (RWS).

Při hodnocení účinku kompenzace došlo ke statisticky významnému zlepšení u LOS v bodu maximálního vychýlení těžiště, v rychlejší reakci probanda na zvukový signál.

U testu RWS, jak pro schopnost volní kontroly pohybu těžiště, tak pro schopnost rychlé změny směru jeho pohybu nedošlo ke statisticky významnému zlepšení.

Z výsledků, které jsme získali, nemůžeme jednoznačně vyvodit, že obecně došlo ke statisticky významnému zlepšení posturální stability v závislosti na kompenzační intervenci. Můžeme zde však vidět tendence k jejímu zlepšování. Náš výzkum byl pilotní a je vyžadováno další prozkoumání této problematiky.

Zlepšující tendenci v posturální stabilitě si vysvětlujeme především přítomností balančního cvičení zahrnutého do kompenzační intervence z důvodu prevence zranění (Behm et al., 2010, p. 109; Malliou et al., 2004, p. 149; Malliou et al. 2010, p. 389; Sannicandro et al. 2014 p. 398 – 400; Valovich McLeod et al., 2009, p. 465; Wedderkopp et al., 1999, p. 46).

Diplomová práce byla znevýhodněna malým počtem probandů (13) a jejich příliš velkým věkovým rozdílem (8 až 16 let). Do dalšího výzkumu by bylo vhodné zařadit větší počet dětí a zkoumat užší věkovou kategorii. Zajímavé by rovněž bylo sledovat vliv kompenzační intervence po delší časový úsek, což v rámci této diplomové práce nebylo možné.

Kompenzace sportů, zvláště jednostranných, je důležitým tématem a mělo by se na něj zaměřit více odborníků. Důležitost naší práce je také v naučení mladých sportovců pracovat se svým tělem a přenést si kompenzační návyky také do své sportovní budoucnosti.

REFERENČNÍ SEZNAM

AKUTHOTA, V., NADLER, S. F. 2004. Core strengthening. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. [online]. 2004. vol. 85, no. 3, pp. S86 – S92, [cit. 2016-6-21]. DOI: 10.1053/j.apmr.2003.12.005. Dostupné na: [http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(03\)01235-8/pdf](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(03)01235-8/pdf).

ALSALAHEEN, B., HAINES, J., YORKE, A., BROGLIO, P. S. 2015. Reliability and construct validity of Limits of Stability test in adolescents using a Portable Forceplate System. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. [online]. 2015. vol. 96, no. 12, pp. 2194 – 2200, [cit. 2016-4-21]. ISSN 1532-821X. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999315011454>.

ALYAS, F., TURNER, M., CONNELL, D. 2007. MRI findings in the lumbar spines of asymptomatic, adolescent, elite tennis players. *British journal of sports medicine*. [online]. 2007. vol. 41, no. 11, pp. 836 – 841, [cit. 2016-5-6]. ISSN: 0306-3674. DOI: 10.1136/bjism.2007.037747. Dostupné na: <http://bjsm.bmj.com/content/41/11/836.full.pdf+html>.

ARNOLD, C., LANOVAZ, J., OATES, A., CRAVEN, B., BUTCHER, S. 2015. The effect of adding core stability training to a standard balance exercise program on sit to stand performance in older adults. *Journal of aging and physical activity*. [online]. 2015. vol. 23, no. 1, pp. 95 – 102, [cit. 2016-5-6]. DOI: 10.1123/japa.2013-0115. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/259876259_The_Effect_of_Adding_Core_Stability_Training_to_a_Standard_Balance_Exercise_Program_on_Sit_to_Stand_Performance_in_Older_Adults_A_Pilot_Study.

BAHAMONDE, R. E. 2000. Changes in angular momentum during the tennis serve. *Journal of sports sciences*. [online]. 2000. vol. 18, no. 8, pp. 579 – 592, [cit. 2016-5-19]. ISSN 1466-447X. DOI: 10.1080/02640410050082297. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/12350519_Changes_in_angular_momentum_during_the_tennis_serve.

BALASUBRAMANIAM, R., RILEY, M. A., TURVEY, M. T. 2000. Specificity of postural sway to the demands of a precision task. *Gait and posture*. [online]. 2000. vol. 11, no. 1, pp. 12 – 24, [cit. 2016-5-19]. DOI: 10.1016/S0966-6362(99)00051-X. Dostupné na:

https://www.researchgate.net/publication/12649811_Specificity_of_postural_sway_to_the_demands_of_a_precision_task.

BALIDUS, R., PEDRET C, GALILEA P, IDOATE F, RIUZ – COTORRO A. 2012. Ultrasound assessment of asymmetric hypertrophy of the rectus abdominis muscle and prevalence of associated injury in professional tennis players. *Skeletal Radiology*. [online]. 2012, vol. 41, no. 12, pp. 1576 – 1581, [cit. 2015-5-6]. DOI: 10.1007/s00256-012-1429-y. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/225041659_Ultrasound_assessment_of_asymmetric_hypertrophy_of_the_rectus_abdominis_muscle_and_prevalence_of_associated_injury_in_professional_tennis_players.

BARBER – WESTIN, S. D., HERMETO, A. A., NOYES, F. R. 2010 A six – week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *Journal of strength and conditioning research*. [online]. 2010. vol. 24, no. 9, pp. 2372 – 2382, [cit. 2016-6-13]. ISSN 1533-4287. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e8a47f. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/275567619_A_six-week_neuromuscular_and_performance_training_program_improves_speed_agility_dynamic_balance_and_core_endurance_in_junior_tennis_players.

BEHM, D. G., ANDERSON, K. G. 2006. The role of instability with resistance training. *Journal of strength and conditioning research*. [online]. 2006. vol. 20, no. 3, pp. 716 – 722, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.1519/R-18475.1. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/6850677_The_Role_of_Instability_With_Resistance_Training.

BEHM, D. G., DRINKWATER, E. J., WILLARDSON, J. M., COWLEY, P. M. 2010. Canadian society for exercise physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. *Applied physiology, nutrition and metabolism*. [online]. 2010. vol. 35, no. 1, Pp. 109 – 112, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.1139/H09-128. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/41405560_Canadian_Society_for_Exercise_Physiology_position_stand_The_use_of_instability_to_train_the_core_in_athletic_and_nonathletic_conditioning.

BLISS, L. S., TEEPLE, P. 2005. Core stability the centerpiece of any training program. *Current sports medicine reports*. [online]. 2005. vol. 4, no. 3, pp. 179 – 183, [cit. 2016-6-22].

Dostupné

na:

https://www.researchgate.net/publication/7834876_Core_stability_The_centerpiece_of_any_training_program.

BORAH, D., WADHWA, S., SINGH, U., YADAV, S. L., BHATTACHARJEE, M. 2007. Age related changes in postural stability. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology* [online]. [online]. 2007. vol. 51, no. 4, pp. 395 – 404, [cit. 2016-6-15]. ISSN 0019-5499. Dostupné na: http://www.ijpp.com/IJPP%20archives/2007_51_4/395-404.pdf.

BREEN, E. O., HOWELL, D. R., STRACCIOLINI, A., DAWKINS, C., MEEHAN, W. P. 2016: Examination of age –related differences on clinical tests of postural stability. *Sports health*. [online]. 2016. vol. 2, no. 24, pp. 1 – 6, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.1177/1941738116633437. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26911999>.

BRESSEL, E., YONKER, J. C., KRAS, J., HEATH, E. M. 2007. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training* [online]. 2007. vol. 42, no. 1, pp. 42 – 46, [cit. 2016-6-15]. ISSN 1938-162X. 77. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1896078/pdf/i1062-6050-42-1-42.pdf>.

BRUHN, S., KULLMANN, N., GOLLHOFER, A. 2006. Combinatory effects of high – intensity – strength training and sensimotor training on muscle strength. *International journal of sports medicine*. [online]. 2006. vol. 27, no. 5, pp. 401 – 406, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.1055/s-2005-865750. Dostupné na: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-2003-45228>.

CAMPBELL, A., O’SULLIVAN, P., STRAKER, L., ELLIOTT, B., REID, M. 2014. Back pain in tennis players: a link with lumbar serve kinematice and range of motion. *Medicine and science in sports and exercise*. [online]. 2014. vol. 46, no. 2, pp. 351 – 357, [cit. 2016-5-22]. ISSN 1530-0315. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182a45cca. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23877374>.

CAMPBELL, A., STRAKER, L., O’SULLIVAN, P., ELLIOTT, B., REID, M. 2013. Lumbar loading in the elite adolescent tennis serve: Link to Low back pain. *Medicine and science in sports and exercise*. [online]. 2013. vol. 45, no. 8, pp. 1562 – 1568, [cit. 2016-4-22]. ISSN 1530-0315. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31828bea5e. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23470302>.

CAMPBELL, A., STRAKER, L., WHITESIDE, D., O'SULLIVAN, P., ELLIOTT, B., REID, M. 2016. Lumbar loading in tennis groundstrokes: Differences in elite adolescent players with and without low back pain. *Journal of applied biomechanics*. [online]. 2016. vol. 32, no. 1, pp. 32 – 39, [cit. 2016-5-22]. ISSN 1543-2688. DOI: 10.1123/jab.2015-0122. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/281778856_Lumbar_Mechanics_in_Tennis_Groundstrokes_Differences_in_Elite_Adolescent_Players_With_and_Without_Low_Back_Pain.

CHANDLER, T. J., KIBLER, W. B., STRACENER, E. C., ZIEGLER, A. K., PACE, B. 1992. Shoulder strength, power and endurance in college tennis players. *American journal of sports medicine*. [online]. 1992. vol. 20, no. 4, pp. 455 – 458, [cit. 2016-5-22]. Impact Factor:4.517. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/21739605_Shoulder_strength_power_and_endurance_in_college_tennis_players.

CHOW, W. J., PARK, S., TILLMAN, D. M. 2009. Lower trunk kinematic and muscle activity during different types of tennis serves. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy and technology*. [online]. 2009. vol. 13, no. 1, pp. 1 – 24, [cit. 2015-5-22]. ISSN 17582555. DOI: 10.1186/1758-2555-1-24. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2770553/pdf/1758-2555-1-24.pdf>.

CHOW, W. J., SHIM, H. J., LIM, T. Y. 2003. Lower trunk muscle activity during the tennis serve. *Journal of science and medicine in sport*. [online]. 2003. vol. 6, no. 4, pp. 512 – 518, [cit. 2015-5-12]. ISSN 1440-2440. Dostupné na: <http://www.asbweb.org/conferences/2004/pdf/331.pdf>.

DLHOŠ, M. Dynamika funkčních svalových změn u mladých tenistů. 2005. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2005. č. 2 ss. 81 – 85. ISSN 1805-4552.

DOZZA, M., CHIARI, L., PETERKA, R. J., WALL, C., HORAK, F. B. 2011. What is the most effective type of audio – biofeedback for postural motor learning? *Gait and posture*. [online]. 2011: vol. 34, no. 3. pp. 313 – 319, [cit. 2016-6-16]. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.05.016. Dostupné na: http://ac.els-cdn.com/S0966636211001718/1-s2.0-S0966636211001718-main.pdf?_tid=31990b5c-3aec-11e6-94a5-00000aab0f6b&acdnat=1466869860_9a2eb4b44343d16e6892032fb5bac59f.

EBERT, R., CAMPBELL A., KEMP – SMITH, K., O'SULLIVAN, P. 2013. Lumbar spine side bending is reduced in end range extension compared to neutral and end range flexion

postures. *Manual therapy*. [online]. 2013. vol. 19, no. 2, pp. 114 – 118, [cit. 2016-4-16]. DOI: 10.1016/j.math.2013.08.004. Dostupné na: http://ac.els-cdn.com/S1356689X13001501/1-s2.0-S1356689X13001501-main.pdf?_tid=54ef1cc2-3aec-11e6-ae91-00000aacb360&acdnat=1466869919_129599bc3dc3659dbdd25f4056d71724.

ELLENBECKER, T. S., PLUIM, B., VIVIER, S., SNITEMAN, C. 2009. Common injuries in tennis players: Exercise to address muscular imbalances and reduce injury risk. *Strength and conditioning journal*. [online]. 2009. vol. 31, no. 4, pp. 50 – 58, [cit. 2016-6-16]. DOI: 10.1519/SSC.0b013e3181af71cb. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/232195360_Common_Injuries_in_Tennis_Players_Exercises_to_Address_Muscular_Imbalances_and_Reduce_Injury_Risk.

ELLENBECKER, T. S., ROETERT, E. P. 2003. Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *Journal of science and medicine in sport*. [online]. 2003. vol. 6, no. 1, pp. 63 – 70, [cit. 2016-6-16]. ISSN 1440-2440. Dostupné na: http://ac.els-cdn.com/S1440244003800099/1-s2.0-S1440244003800099-main.pdf?_tid=7f46f29c-3aec-11e6-8cbd-00000aacb360&acdnat=1466869990_af1cf2cfb751671a29cc6f99f4561925.

ELLENBECKER, T. S., TODD, S. 1992. Shoulder internal and external rotation strength and range of motion of highly skilled junior tennis players. *Isokinetics and exercise science*. [online]. 1992. vol. 2, no. 2, pp. 65 – 72, [cit. 2016-6-16]. ISSN 1878-5913. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1440244003800099>.

ELLIOT, B. 2006. Biomechanics and tennis. *British journal of sports medicine*. [online]. 2006. vol. 40, no. 5, pp. 392 – 396, [cit. 2015-4-29]. ISSN: 1473-0480. DOI: 10.1136/bjism.2005.023150. Dostupné na: <http://bjsm.bmj.com/content/40/5/392.full.pdf+html>

GARCIA, C., BARELA, J. A., VIANNA, A. R., BARELA, A. M. F. 2010. Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neuroscience Letters* [online]. [online]. 2010. vol. 492, no. 1, pp. 29 – 32, [cit. 2015-4-29]. DOI:10.1016/j.neulet.2011.01.047. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304394011000930>.

GENEVOIS, C. 2015 Performance factors related to the different tennis backhand groundstrokes: A review. *Journal of sports science and medicine*. [online]. 2015. vol. 14, no. 1, pp. 194 – 202, [cit. 2016-5-2]. ISSN 1303 – 2968. Dostupné na:

https://www.researchgate.net/publication/272166173_Performance_Factors_Related_to_the_Different_Tennis_Backhand_Groundstrokes_A_Review.

GIRARD, O., MICALLEF, J. P., MILLET, P. G., 2007. Influence of restricted knee motion during the flat first serve in tennis. *Journal of strength and conditioning research*. [online]. 2007. vol. 21, no. 3, pp. 950 – 957, [cit. 2016-5-2]. ISSN 1533-4287. Dostupné na: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=linkout&SEARCH=17685715.ui>.

GLAVE, P. A., DIDIER, J. J., WEATHERWAX, J., BROWNING, J. S., FIAUD, V. 2016. Testing postural stability: Are the star excursions balance test and Biodex Balance system Limits of stability tests consistent? *Gait and posture*. [online]. 2016. vol. 43, pp. 225 – 227, [cit. 2016-4-7]. ISSN: 1879-2219. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2015.09.028. Dostupné na: [http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362\(15\)00897-8/pdf](http://www.gaitposture.com/article/S0966-6362(15)00897-8/pdf).

HEITKAMP, H. C., HORSTMANN, T., MAYER, F., WELLER, J., DICKHUTH, H. H. 2001. Gain in strength and muscular balance after balance training. *International journal of sports medicine*. [online]. 2001. vol. 22, no. 4, pp. 258 – 290, [cit. 2016-6-7]. DOI: 10.1055/s-2001-13819. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/11924891_Gain_in_Strength_and_Muscular_Balance_After_Balance_Training.

HIRABAYASHI, S., IWASAKI, Y. 1995. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain and development*. [online]. 1995. vol. 17, no. 2, pp. 111 – 113, [cit. 2016-6-17]. ISSN 0387-7604. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/038776049500009Z>.

HIRSCH, M. A., MAITLAND, C. G., RIDER, R. A. 2003. The effects of balance training and high – intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson’s disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. [online]. 2003. vol. 84, no. 8, pp. 1109 – 1117, [cit. 2016-6-23]. ISSN 0003-9993. Dostupné na: [http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(03\)00046-7/pdf](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(03)00046-7/pdf).

HOEVEN, H., KIBLER, B. W. 2006. Shoulder injuries in tennis players. *British journal of sports medicine*. [online]. 2006. vol. 40, no. 5, pp. 435 – 440, [cit. 2016-6-2]. ISSN 14730480. DOI: 10.1136/bjsm.2005.023218. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2577490/pdf/435.pdf>.

HORAK, F. B., DIENER, H. C., NASHNER, L. M. 1989. Influence of central set on human postural responses. *Journal of neurophysiology*. [online]. 1989. vol. 62, no. 4, pp. 841 – 853, [cit. 2016-6-23]. ISSN 1522-1598. Dostupné na: <http://jn.physiology.org/content/62/4/841.full.pdf+html>.

HRYDOMALLIS, C. 2011. Balance ability and athletic performance. *Sports medicine*. [online]. 2011. vol. 41, no. 3, pp. 221 – 232, [cit. 2015-5-22]. ISSN: 1179-2035. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/50373598_Balance_Ability_and_Athletic_Performance.

HSU, W., SCHOLZ, J. P., SCHÖNER, G., JEKA, J. J., KIEMEL, T. 2007. Control and estimation of posture during quiet stance depends on multijoint coordination. *Journal of neurophysiology*. [online]. 2007. vol. 97, no. 4, pp. 3024 – 3035, [cit. 2016-5-29]. DOI: 10.1152/jn.01142.2006. Dostupné na: <http://jn.physiology.org/content/97/4/3024.full.pdf+html>

JO, J. H., SONG, Z. A., LEE, J. K., LEE, C. D., KIM, H. Y., SUNG, S. S. 2011. A kinematic analysis of relative stability of the lower extremities between subjects with and without chronic low back pain. *European Spine Journal*. [online]. 2011. vol. 8, no. 20, pp. 1297 - 1303, [cit. 2015-3-29]. ISSN:1432-0932. DOI: 10.1007/s00586-010-1686-1 Dostupné na: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3175847/pdf/586_2010_Article_1686.pdf.

JOHNSON, C. D., MCHUGH, M., WOOD, T., KIBLER, B. 2006. Performance demands of professional male tennis players. *British journal of sports medicine*. [online]. 2006. vol. 40, no. 8, pp. 696 – 699, [cit. 2016-5-29]. DOI: 10.1136/bjism.2005.021253. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/6920853_Performance_demands_of_professional_male_tennis_players.

KAJI, A., SASAGAWA, S., KUBO, T., KANEHISA, H. 2010. Transient effect of core stability exercises on postural sway during quiet standing. *Journal of strength and conditioning research*. [online]. 2010. vol. 24, no. 2, pp. 382 – 388, [cit. 2016-6-20]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c06bdd. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20124792>.

KEAN, C. O., BEHM, D. G., YOUNG, W. B. 2006. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *Journal of sports science and medicine*. [online]. 2006. vol. 5, no. 1, pp. 138 – 148,

[cit. 2016-6-15]. ISSN 1303 – 2968. Dostupné na:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3818666/pdf/jssm-05-138.pdf>.

KIRSHENBAUM, C., RIACH, C. L., STARKES, J. L. 2001. Non – linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental brain research*. [online]. 2001. vol. 140, no. 4, pp. 420 – 431, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.1007/s002210100835. Dostupné na:
http://download.springer.com/static/pdf/289/art%253A10.1007%252Fs002210100835.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs002210100835&token2=exp=1466871441~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F289%2Fart%25253A10.1007%25252Fs002210100835.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs002210100835*~hmac=fe1f23b261b4ccbe5ca5fb4f4578397c3f1954d1a8fd72720928c255a5e76ce8.

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

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

KOLÁŘOVÁ, B. MARKOVÁ, M. STACHO, J. SZMEKOVÁ, L. 2014. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci – možnosti vyšetření a terapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 138 s. ISBN 978-80-244-4266-2.

KOSTOPOULOS, N., EVANGELOS, B., NIKOLAOS, A., EMMANOUIL, K., PANAGIOTIS, K. 2012. The effect of a balance and proprioception training program on amateur basketball players' passing skills. *Journal of physical education and sport*. [online]. 2012. vol. 12, no. 3, pp. 316 – 323, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.7752/jpes.2012.03047. Dostupné na:
https://www.researchgate.net/publication/262010582_The_effect_of_a_balance_and_proprioception_training_program_on_amateur_basketball_players'_passing_skills.

LANGEROVÁ, M., HEŘMANOVÁ, B. 2005. *Tenis a děti*. Praha: Grada, 2005. 104 s. ISBN 80 – 247 – 1256 – 3.

LIN, S. I., LIN, R. M. 2002. Sensimotor and balance function in older adults with lumbar nerve root compression. *Clinical orthopaedics and related research*. [online]. 2002. vol. 394, no. Pp. 146 – 153, [cit. 2016-6-18]. ISSN 0009-921X. Dostupné na:

http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.20.0b/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=PKPAFFPNPDDBJNHNCIKIFFBCCBNAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.22.23%257c0%257c00003086-200201000-00017%26S%3dPKPAFFPNPDDBJNHNCIKIFFBCCBNAA00&directlink=http%3a%2f%2fovidsp.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCFBIFNHNP00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv023%2f00003086%2f00003086-200201000-00017.pdf&filename=Sensorimotor+and+Balance+Function+in+Older+Adults+With+Lumbar+Nerve+Root+Compression.&pdf_key=FPDDNCFBIFNHNP00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv023/00003086/00003086-200201000-00017.

LLOYD, D. G. 2001, Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*. [online]. 2001. vol. 31, no. 11, pp. 645 – 654, [cit. 2016-6-18]. ISSN 1938-1344. Dostupné na: <http://www.jospt.org/doi/pdfplus/10.2519/jospt.2001.31.11.645>.

MALLIOU, P., AMOUTZAS, K., THEODOSIU, A., GIOFTSIDOU, A., MANTIS, K., PYLLIANIDIS, T., KIOUMOURTZOGLOU, E. 2004. Proprioceptive training for learning downhill skiing. *Perceptual and motor skills*. [online]. 2004. vol. 99, no. 1, pp. 149 – 154, [cit. 2016-6-2]. ISSN 1558-688X. Dostupné na: <http://pms.sagepub.com/content/99/1/149.long>.

MALLIOU, J. V., BENEKA, G. A., GIOFTSIDOU, F. A., MALLIOU K. P., KALLISTRATOS, E., PAFIS, K. G., KATSIKAS, A. C., DOUVIS, S. 2010. Young tennis players and balance performance. *Journal of strength and conditioning research*. [online]. 2010. vol. 24 No. 2, pp. 389 – 393, [cit. 2016-4-2]. ISSN 1533-4287. Dostupné na: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.20.0b/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=PKPAFFPNPDDBJNHNCIKIFFBCCBNAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.27.28%257c0%257c00124278-201002000-00013%26S%3dPKPAFFPNPDDBJNHNCIKIFFBCCBNAA00&directlink=http%3a%2f%2fovidsp.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCFBIFNHNP00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv023%2f00124278%2f00124278-201002000-00013.pdf&filename=Young+Tennis+Players+and+Balance+Performance.&pdf_key=FPDDNCFBIFNHNP00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv023/00124278/00124278-201002000-00013.

MARTIN, C., BIDEAU, B., BIDEAU, N., NICOLAS, G., DELAMARCHE, P., KULPA, R., 2014. Energy flow analysis during the tennis serve. *The American journal of sports medicine*. [online]. 2014. vol. 42, no. 11, pp. 2751 – 2760, [cit. 2016-4-2]. DOI: 10.1177/0363546514547173. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25167995>.

MÍKOVÁ, M. 2006. *Posturografie – význam a uplatnění ve výzkumu a klinické praxi*. Dizertační práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Olomouc, 2006.

MODI, H., SRINIVASALU, S., MEHTA, S., YANG, J. H., SONG, H. R., SUH, S. W. Muscle imbalance in volleyball players initiates scoliosis in immature spines: A screening analysis. *Asian Spine Journal*. [online]. 2008 Jun; vol. 2, no. 1, pp. 38-43. ISSN 1976-1902. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/43248268_Muscle_Imbalance_in_Volleyball_Players_Initiates_Scoliosis_in_Immature_Spines_A_Screening_Analysis.

MUYOR, M. J., SÁNCHEZ – SÁNCHEZ, E., SANZ – RIVAS, D., LOPÉZ – MINARRO, A. P. 2013. Sagittal spinal morphology in highly trained adolescent tennis players. *Journal of sports science and medicine*. [online]. 2013. vol. 12, no. 3, pp. 588 – 593, [cit. 2016-4-25]. ISSN 1303 - 2968. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/258035288_Sagittal_spinal_morphology_in_highly_trained_adolescent_tennis_players.

NEWTON, R. A. 2001. Validity of the multi – directional reach test: a practical measure for limits of stability in older adults. *The journals of gerontology. A series A, Biological sciences and medical sciences*. [online]. 2001. vol. 56, no. 4, pp. M248 – M252, [cit. 2016-5-25]. DOI: 10.1093/gerona/56.4.M248. Dostupné na: <http://biomedgerontology.oxfordjournals.org/content/56/4/M248.full.pdf+html>.

PARK, E., REIMANN, H., SCHÖNER, G. 2016. Coordination of muscle torque stabilizes upright standing posture: an UCM analysis. *Experimental brain research*. [online]. 2016. vol. 234, no. 6, pp. 1757 – 1767, [cit. 2016-6-21]. DOI: 10.1007/s00221-016-4576-x. Dostupné na: http://download.springer.com/static/pdf/380/art%253A10.1007%252Fs00221-016-4576-x.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs00221-016-4576-x&token2=exp=1466871986~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F380%2Fart%25253A10.1007%25252Fs00221-016-4576-x.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs00221-016-4576-x*~hmac=1fdcb29d88a099206f4bdf230bb3b4df664b03afaa04c95d6c1aa441a94f752a.

PATERNO, M. V., MYER, G. D., FORD, K. R., HEWETT, T. E. 2004. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 2004. vol. 34, no. 6, pp. 305 – 316, [cit. 2016-4-25].

DOI:10.2519/jospt.2004.34.6.305.

Dostupné

na:

[http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2004.34.6.305.](http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2004.34.6.305)

PLUIM, B. M., STAAL, J. B., WINDLER, G. E., JAYANTHI, N. 2006. Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention. *British Journal of Sports Medicine*. [online]. 2006. vol. 40, no. 5, pp. 415 – 423, [cit. 2015-4-28]. ISSN 0306-3674. Dostupné na: <http://bjsm.bmj.com/content/40/5/415.full.pdf+html>.

RENKAWITZ, T., LINDHARDT, O., GRIFKA, J. 2008. Electric efficiency of erector spinae in high performance amateur tennis players. *Journal of sports medicine and physical fitness*. [online]. 2008. vol. 48, no. 3, pp. 409 – 416, [cit. 2016-5-28]. ISSN 1827-1928. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/23442294_Electric_efficiency_of_the_erector_spinae_in_high_performance_amateur_tennis_players.

RIACH, C. L., STARKES, J. L. 1993. Stability limits of quiet standing postural control in children and adults. *Gait and posture*. [online]. 1993. vol. 1, no. 2, pp. 105 – 111, [cit. 2016-6-16]. DOI: 10.1016/0966-6362(93)90021-R. Dostupné na: [http://www.gaitposture.com/article/0966-6362\(93\)90021-R/pdf](http://www.gaitposture.com/article/0966-6362(93)90021-R/pdf).

RYNKIEWICZ, M., RYNKIEWICZ, T., ŹUREK, P., ZIEMANN, E., SZYMANIK, R. 2013. Asymmetry of Muscle mass distribution in tennis players: a review. *Trends in sport sciences*. [online]. 2013, vol. 20, no. 1, pp. 47 – 53, [cit. 2015-4-28]. ISSN 2299 – 9590.15. Dostupné na: http://www.wbc.poznan.pl/Content/261625/8_Trends_2013_1_47.pdf.

RYU, R. K., MCCORMICK, J., JOBE, F. W., MOYNES, D. R., ANTONELLI, D. J. 1988. An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *American journal of sports medicine*. [online]. 1988. vol. 16, no. 5, pp. 481 – 485, [cit. 2016-5-28]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/19965977_An_electromyographic_analysis_of_shoulder_function_in_tennis_players.

SANDREY, A. M., MITZEL, J. G. 2013. Improvement in dynamic balance and core endurance after a 6 week core stability training program in high school track and field athletes. *Journal of sports rehabilitation*. [online]. 2013. vol. 22, no. 4, pp. 264 – 271, [cit. 2016-4-28]. ISSN 1056-6716. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/258347162_Improvement_in_Dynamic_Balance_an

d_Core_Endurance_After_a_6-Week_Core-Stability-Training_Program_in_High_School_Track_and_Field_Athletes.

SANNICANDRO, I., COFANO, G., ROSA, R. A., PICCINNO, A. 2014. Balance training exercises decrease lower – limb strength asymmetry in young tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*. [online]. 2014. vol. 13, no. 2, pp. 397 – 402, [cit. 2015-4-28]. ISSN 2333-4606. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/262021306_Balance_Training_Exercises_Decrease_Lower-Limb_Strength_Asymmetry_in_Young_Tennis_Players.

SEVERA, J. et al. 1993. *Tenis pro trenéry II. a III. třídy: učební texty. Díl 2*. Praha: Český tenisový svaz. 1993. 161 s.

SCHMIT, J. M., REGIS, D. I., RILEY, M. A. 2005. Dynamic patterns of postural sway in ballet dances and track athletes. *Experimental Brain Research* [online]. 2005. vol. 163, no. 3, pp. 370 – 378, [cit. 2016-5-28]. ISSN 1432-1106. Dostupné na: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00221-004-2185-6#page-1>.

SCHMID, M., CONFORTO, S., LOPE, L., RENZI, P., D’ALESSIO, T. 2005. The development of postural strategies in children: a factorial design study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. [online]. 2005. vol. 2, no. 29, pp. 1 – 11, [cit. 2016-6-15]. DOI: 10.1186/1743-0003-2-29. Dostupné na: http://download.springer.com/static/pdf/778/art%253A10.1186%252F1743-0003-2%29.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Fjneuroengrehab.biomedcentral.com%2Farticle%2F10.1186%2F1743-0003-2-29&token2=exp=1466871431~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F778%2Fart%25253A10.1186%25252F1743-0003-2-29.pdf*~hmac=03277a0c06376565871b0285ba92e72ade635ab110b5a10708878c923678d9df.

SHEETS, L. A., ABRAMS, D. G., CORAZZA, S., SAFRAN, R. M., ANDRIACCHI, P. T. 2011. Kinematics differences between the flat, kick and slice serves measured using a markerless motion capture method. *Annals of biomedical engineering*. [online]. 2011. vol. 39, no. 12, pp. 3011 – 3020, [cit. 2016-5-30]. ISSN 1573-9686. DOI: 10.1007/s10439-011-0418-y. Dostupné na: <http://download.springer.com/static/pdf/518/art%253A10.1007%252Fs10439-011-0418-y.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs10439-011-0418-y&token2=exp=1466872381~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F518%2Fart%25253A10.1007%25252Fs10439-011-0418-y.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.s>

pringer.com%252Farticle%252F10.1007%252Fs10439-011-0418-y*~hmac=66d0d331c096f40941da43fe663864f7707b606e4a1589b6610d19882e1e7ee5.

SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. 1985. The growth of stability: Postural control from a developmental perspective. *Journal of motor behaviour*. [online]. 1985. vol. 17, no. 2, pp. 131 – 147, [cit. 2016-5-30]. ISSN 1940-1027. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/8564743_The_growth_of_stability_Postural_control_from_a_developmental_perspective.

SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. H. 2012. *Translating research into clinical practice*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2012. ISBN 9781451117103.

SIMONEAU, G. G., ULBRECHT, J. S., DERR, J. A. and CAVANAGH, P. R. 1995. Role of somatosensory input in the control of human posture. *Gait and posture*. [online]. 1995. vol. 3. no. 3, pp. 115 – 122, [cit. 2016-4-10]. ISSN 0966-6362. Dostupné na: http://ac.els-cdn.com/096663629599061O/1-s2.0-096663629599061O-main.pdf?_tid=d9bd8c7e-3aef-11e6-b623-00000aab0f02&acdnat=1466871430_70d6ccb343c99f6f52ea422c50c93204.

STEINDL, R., KUNZ, K., SCHROTT – FISHER, A., SCHOLTZ, A. W. 2006. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental medicine and child neurology*. [online]. 2006. vol. 48, no. 6, pp. 477 – 482, [cit. 2016-6-16]. ISSN 1469-8749. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8749.2006.tb01299.x/pdf>.

TANTISUWAT, A., CHAMONCHANT, D., BOONYONG, S. 2014. Multi – directional reach test: An investigation of the Limits of Stability of people aged between 20 – 79 years. *Journal of physical therapy science*. [online]. 2014. vol. 26, no. 6, pp. 877 – 880, [cit. 2016-6-21]. DOI: 10.1589/jpts.26.877. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/263862124_Multi-directional_Reach_Test_An_Investigation_of_the_Limits_of_Stability_of_People_Aged_between_20-79_Years.

TAUBE, W., GRUBER, M., GOLLHOFER, A. 2008. Spinal and supraspina adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*. [online]. 2008. vol. 193, no. 2, pp. 101 – 116, [cit. 2016-6-16]. DOI: 10.1111/j.1748-1716.2008.01850.x. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.2008.01850.x/epdf>.

TESIO, L., ROTA, V., LONGO, S., GRZEDA, M. 2013. Measuring standing balance in adults: reliability and minimal real difference of 14 instrumental measures. *International Journal of Rehabilitation Research* [online]. 2013. vol. 36, no. 4, pp. 362–374, [cit. 2016-5-31]. DOI: 10.1097/MRR.0000000000000037. Dostupné na: http://www.researchgate.net/publication/258253384_Measuring_standing_balance_in_adults_reliability_and_minimal_real_difference_of_14_instrumental_measures.

TUBEZ, F., FORTHOMME, B., DROISIER, J., CORDONNIER, C., BRÜLS, O., DENOËL, V., BERWART, G., JORIS, M., GROSDENT, S., SCHWARTZ, C. 2015. Biomechanical analysis of abdominal injury in tennis serves. A case report. *Journal of sports science and medicine*. [online]. 2015. vol. 14, no. 2, pp. 402 - 412, [cit. 2016-5-31]. ISSN 2333-4606. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4424471/pdf/jssm-14-402.pdf>.

UNITED STATES TENNIS ASSOCIATION, ROETERT, P., ELLENBECKER, T. S. 1998. *Complete conditioning for tennis. Human kinetics*, 1998. 203 p. ISBN 0 – 88011 – 734 – 6.

VALOVICH MCLEOD, T. C., ARMSTRONG, T., MILLER, M., SAUERS, J. L. 2009. Balance improvements in female high school basketball players after a 6 – week neuromuscular – training program. *Journal of sports rehabilitation*. [online]. 2009. vol. 18, no. 4, pp. 465 – 481, [cit. 2016-6-10]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/41172170_Balance_Improvements_in_Female_High_School_Basketball_Players_After_a_6-Week_Neuromuscular-Training_Program.

VAŘEKA, I. 2002. Posturální stabilita (1. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002a. roč. 9. č. 4. ss. 115 – 121. ISSN 1211-2658 1805-4552.

VAŘEKA, I. 2002. Posturální stabilita (2. část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2002b. roč. 9. č. 4. ss. 122 – 129. ISSN 1211-2658 1805-4552.

VÉLE, F. 1995. *Kineziologie posturálního systému*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1995. ISBN: 80-7184-100-5.

VUILLERME, N., DANION, F., MARIN, L., BOYADJIAN, A., PRIEUR, J. M., WEISE, I., NOUGIER, V. 2001. The effect of expertise in gymnastics on postural control.

Neuroscience Letters [online]. 2001. vol. 303, no. 2, pp. 83–86, [cit. 2016-5-10]. DOI: 10.1016/S0304-3940(01)01722-0. Dostupné na: http://ac.els-cdn.com/S0304394001017220/1-s2.0-S0304394001017220-main.pdf?_tid=b2462ea0-be98-11e4-a3e0-00000aacb361&acdnat=1425052556_a37aa0afe9ea9baaa4cc05114c10f49.

WAGNER, H., PFUSTERSCHMIED, J. M., TILP, M., LANDLINGER, J., DUVILLARD, S. P., MÜLLER, E. 2014. Upper – body kinematics in team – handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. [online]. 2014. vol. 24. no 2, pp. 345 – 354, [cit. 2016-5-10]. ISSN 1600-0838. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01503.x. Dostupné na: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2012.01503.x/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=www.ncbi.nlm.nih.gov&purchase_site_license=LICENSE_DENIED_NO_CUSTOMER

WALSHE, A. D., WILSON, G. J., ETTEMA, G. 1998. Stretch-shorten cycle compared with isometric preload: Contributions to enhanced muscular performance. *Journal of applied physiology*. [online]. 1998. vol. 84, no. 1, pp. 97 – 106, [cit. 2016-6-3]. ISSN 1522-1601. Dostupné na: <http://jap.physiology.org/content/84/1/97.full.pdf+html>

WEDDERKOPP, N., KALTOFT, M., LUNDGAARD, B., ROSENDAHL, M., FROBERG, K. 1999. Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. [online]. 1999. vol. 9, no. 1, pp. 41 – 47, [cit. 2016-6-1]. ISSN 1600-0838. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00205.x/epdf>.

WILSON, J. D., DOUGHERTY, C. P., IRELAND, M. L., DAVIS, I. M. 2005. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *The journal of the American academy of orthopaedic surgeons*. [online]. 2005. vol. 13, no. 5, pp. 316 – 325, [cit. 2016-6-19]. ISSN 1067-151X. Dostupné na: <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.20.0b/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=PKPAFPFFNPDDBJNHNCIKIFFBCCBNAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.41.42%257c0%257c00124635-200509000-00005%26S%3dPKPAFPFFNPDDBJNHNCIKIFFBCCBNAA00&directlink=http%3a%2f%2fovidsp.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2ffPDDNCFBIFNHNP00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv023%2f00124635%2f00124635-200509000-00005.pdf&filename=Core+Sta>

bility+and+Its+Relationship+to+Lower+Extremity+Function+and+Injury.&pdf_key=FPDDN
CFBIFNHNP00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv023/00124635/00124635-200509000-00005.

WRISTLEY, D. M., MARCHETTI, G. F., KUHARSKY, D. K., WHITNEY S. L.,
2004. Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait
assessment. *Physical therapy*. [online]. 2004. vol. 84, no. 10, pp. 906 – 918, [cit. 2016-6-1].
ISSN 1538-6724. Dostupné na: <http://ptjournal.apta.org/content/84/10/906.lon>.

SEZNAM ZKRATEK

AC – Area of Contact

BS – Base of Support

CNS – centrální nervová soustava

COG – Centre of Gravity

COM – Centre of Mass

COP – Center of Pressure

DP – diplomová práce

LOS – Limits of Stability

M. – musculus, sval

Mm. – muscoli, svaly

Ms – milisekunda

P – hladina statistické významnosti

p. – page (strana)

pp. – pages (strany)

RWS – Rhythmic Weight Shift

s – sekunda

s. – strana

ss. – strany

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Model systémů podílejících se na posturální kontrole (upraveno dle Shumway-Cook a Woollacott, 2012, p. 165).....	13
Obrázek 2: Fáze servisu (upraveno dle Chow et al., 2003, p. 514).....	17
Obrázek 3: Posturograf NeuroCom Smart Equitest System.....	23
Obrázek 4: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Maximum Excursions (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	31
Obrázek 5: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Reaction Time (ms) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	32
Obrázek 6: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Movement Velocity (°/s) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	33
Obrázek 7: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Endpoint Excursions (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	35
Obrázek 8: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Limits of Stability a parametru Directional Control (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	36
Obrázek 9: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Rhythmic Weight Shift a parametru On – Axis velocity (°/s) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	38
Obrázek 10: Grafické znázornění průměrných hodnot testu Rhythmic Weight Shift a parametru Directional Control (%) před intervencí kompenzačním cvičením a po jejím skončení.....	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Popisná statistika k hypotéze H01 (Maximum Excursions neboli bod maximálního vychýlení těžiště v daném směru udávané v %) a p hodnoty statistické významnosti.....	30
Tabulka 2: Popisná statistika k hypotéze H02 (Reaction Time neboli čas rychlosti reakce probanda na zvukový signál na začátku testu udávaný v ms) a p hodnoty statistické významnosti.....	32
Tabulka 3: Popisná statistika k hypotéze H03 (Movement Velocity neboli průměrná rychlost těžiště při dosažení vyznačeného bodu udávaná v °/s) a p hodnoty statistické významnosti.....	33
Tabulka 4: Popisná statistika k hypotéze H04 (Endpoint Excursions neboli bod vychýlení těžiště při prvním pokusu o dosažení limitu stability bez zaváhání udávaný v %) a p hodnoty statistické významnosti.....	34
Tabulka 5: Popisná statistika k hypotéze H05 (Directional Control neboli kontrola směru pohybu těžiště udávaná v %, kdy 100% je směr přímý a hodnoty pod 100% znamenají odchylky od přímého směru) a p hodnoty statistické významnosti.....	36
Tabulka 6: Popisná statistika k hypotéze H06 (On – Axis Velocity neboli průměrná rychlost těžiště v určeném směru – latero/laterálně nebo antero/posteriorně udávaná v °/s) a p hodnoty statistické významnosti.....	37
Tabulka 7: Popisná statistika k hypotéze H07 (Directional Control neboli kontrola přímosti pohybu v určeném směru, kdy se porovnává zamyšlený směr pohybu s pohybem probandem provedeným, udávaná v %, kdy 100% znamená absolutní kopírování směru pohybujícího se bodu) a p hodnoty statistické významnosti.....	39

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Informovaný souhlas

Příloha 2 Anamnestický dotazník

Příloha 3 Kineziologický rozbor

Příloha 4 Ukázka kompenzačního cvičení

PŘÍLOHY

Příloha 1 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Pro diplomovou práci: Vliv kompenzační zátěže na vybrané parametry posturální stability mladých tenistů

období realizace: 1. 4. 2015 – 30. 5. 2015

řešitelé projektu: Bc. Petra Braunová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na diplomové práci, jejímž cílem je zkoumání vlivu kompenzačního cvičení mladých tenistů na jejich posturální stabilitu pomocí dynamické posturografie. Měření se uskuteční v kineziologické laboratoři FNOL pomocí přístroje názvu posturograf. Testována bude schopnost Vašeho dítěte aktivně měnit polohu těžiště, reakční čas a kvalita balančních mechanismů při přenášení váhy do stran a zepředu dozadu. Doba měření se bude pohybovat kolem 30 minut. Po první měření bude následovat 7 týdenní kompenzační cvičební program zaměřený na z tenisu vznikající asymetrie. Po ukončení programu bude následovat kontrolní měření. Z účasti na diplomové práci pro Vás a Vaše dítě vyplývají tyto výhody či rizika: výhodou pro Vás může být zjištění, jak se Vaše děti díky kompenzaci jednostranného zatížení zlepšily ve zmíněné posturální stabilitě. Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí mého dítěte na výše uvedené diplomové práci. Řešitelka projektu mne informovala o podstatě výzkumu a seznámila mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti

na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitelky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a , že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží moje osoba a druhý řešitel diplomové práce.

Jméno, příjmení a podpis řešitele diplomové práce: _____

_____ V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis účastníka diplomové práce: _____

_____ V _____ dne: _____

Příloha 2 Anamnestický dotazník

Anamnestický dotazník:

Jméno a příjmení:

Zákonný zástupce:

Datum narození:

věk:

Telefonní číslo (rodičů):

Úrazy, nemoci (věk): (poruchy zraku, Diabetes mellitus, neurologická a systémová onemocnění)

Farmakologická anamnéza:

Dominantní (hrající) horní končetina:

Doba hraní tenisu:

Tréninky týdně:

Jiný sport či aktivity (kompenzační) kromě tenisu:

Příloha 3 Kineziologický rozbor

Aspekce zepředu	
Výška ramen	
Prsní bradavky	
Thorakobrachiální trojúhelníky	
Tajle	
Pupek	
Cristy	
Konfigurace DKK	
Výška patel	
Klenba nožní	

Aspekce z boku	
Postavení hlavy	
Krční lordóza	
Postavení ramen	
Hrudní kyfoza	
Souměrnost svalstva HKK	
Břišní stěna	
Bederní lordóza	
Klenba nožní	

Aspekce zezadu	
Dolní úhly lopatek	
Gluteální rýha	
Popliteální rýhy	
Postavení pat	

Vyšetření pánve	
Výška crist zepředu i zezadu	
Spina iliaca anterior superior	
Spina iliaca posterior superior	

Funkční testy páteře	
Test	Naměřená hodnota
Schoberova vzdálenost	
Stiborova distance	
Čepojova zkouška	
Ottova inklinální vzdálenost	
Ottova reklinační vzdálenost	
Lateroflexe doprava	
Lateroflexe doleva	
Forestierova fleche	
Zkouška Lenocho	
Thomayerova zkouška	

Zkrácené svaly	
M. triceps surae	
Flexory kolene	
Flexory kyčle	
M quadriceps femoris	
Adduktory kyčelního kloubu	
M. piriformis	
M. pectoralis major	
M. trapezius (horní část)	

Příloha 4 Ukázka kompenzačního cvičení

Část protahovací:



Obrázek 11



Obrázek 12

Část posilovací



Obrázek 13



Obrázek 14

Část balanční



Obrázek 15



Obrázek 16