

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

SVALOVÉ SOUHRY NOHY VE VZPŘÍMENÉM STOJI U PROFESIONÁLNÍCH
TANEČNÍKŮ V SITUACÍCH S ODLIŠNOU POSTURÁLNÍ A BALANČNÍ
NÁROČNOSTÍ

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Tereza Kyjovská

Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Markéta Procházková

Olomouc 2015

Jméno a příjmení autora: Tereza Kyjovská

Název diplomové práce: Svalové souhry nohy ve vzpřímeném stoji u profesionálních tanečnicků v situacích s odlišnou posturální a balanční náročností

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Markéta Procházková

Rok obhajoby diplomové práce: 2016

Abstrakt:

Cílem práce bylo objektivizovat rozdíly mezi profesionálními tanečníky a běžnou populací na základě hodnocení svalové aktivity vybraných svalů při různých typech stoje, a dále zhodnotit vliv rehabilitace na míru svalové aktivity jednotlivých svalů dolních končetin u baletních tanečnicků. Experimentální skupinu tvořilo 13 profesionálních baletních tanečnicků a tanečnic Moravského divadla v Olomouci (průměrný $24,54 \pm 3,52$ let; průměrná výška $170,55 \pm 10,63$ cm; průměrná hmotnost $60,03 \pm 12,91$ kg). Kontrolní skupina se skládala z 22 probandů, z toho 10 mužů a 12 žen (průměrný věk $23,41 \pm 2,22$ let; průměrná výška $172,50 \pm 10,37$ cm; průměrná hmotnost $68,23 \pm 11,34$ kg). Pro hodnocení svalové aktivity byla použita povrchová bezdrátová elektromyografie Deltys®. U baletních tanečnicků a tanečnic jsme před i po rehabilitaci naměřili obecně nižší svalovou aktivitu ve srovnání s běžnou populací. Výrazně nižší svalová aktivita byla zjištěna zejména u m. tibialis anterior a m. rectus femoris. U m. peroneus brevis byla významně nižší svalová aktivita u skupiny baletních tanečnicků a tanečnic oproti kontrolní skupině pouze před rehabilitací. Naopak zvýšená svalová aktivita u experimentální skupiny ve srovnání se skupinou kontrolní byla zaznamenána u m. semitendinosus a to jak před rehabilitací, tak po ní. Dále jsme hodnotili vliv rehabilitace na svalovou aktivitu baletních tanečnicků. Z výsledků vyplývá, že nastalo zvýšení svalové aktivity u m. tibialis anterior a m. peroneus brevis. Snížení svalové aktivity bylo patrné u m. gastrocnemius medialis, m. rectus femoris a m. biceps femoris. Výsledky naší práce poukazují na odlišnou EMG aktivitu svalů dolních končetin ve srovnání s běžnou populací a ukazují, že cílená rehabilitace může být prostředkem, kterým lze svalovou aktivitu u tanečnicků úspěšně ovlivnit.

Klíčová slova: balet, svalová aktivita, vzpřímený stoj, emg

Tato diplomová práce vznikla za souhlasu etické komise Fakulty tělesné kultury v rámci projektu „Biomechanická analýza chůze a hodnocení zatížení nohy u profesionálních tanečníků“ s registračním číslem IGA_FTK_2012:031.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Name and Surname of the Author: Tereza Kyjovská

Title of the Diploma Thesis: Lower limb muscle synergies in professional dancers during upright stance in different postural and balance situations

Supervisor of the Thesis: Mgr. Markéta Procházková

Year of Defence of the Thesis: 2016

Abstract:

The aim of this thesis was to objectively express and evaluate the differences between professional ballet dancers and common population, based on the lower limb muscles activity during the different types of stand. Furthermore, the thesis evaluates the effect of rehabilitation on muscle activity of chosen lower limb muscles in ballet dancers. The experimental group consisted of 13 professional dancers (4 men and 9 women) from the „Moravské divadlo v Olomouci“. The average age was 24,54±3,52 years, the average height 170,55±10,63 cm, the average weight 60,03±12,91 kg. The control group consisted of 22 participants (10 men, 12 women), their average age was 23,41±2,22 years, the average height 172,50±10,37 cm and the average weight was 68,23±11,34 kg. In order to measure the muscle activity, the wireless surface electromyography device Deltys has been used. Before and after the rehabilitation, the measured muscle activity was generally lower in the ballet dancers, compared to the control group. Significantly lower muscle activity has been detected in the tibialis anterior muscle and rectus femoris muscle. In the peroneus brevis muscle, the lower activity has been detected by the ballet dancers only before the therapy, compared with the experimental group. On the other hand, the semitendinosus muscle showed increased activity before as well as after the rehabilitation in the experimental group. The other objective of this study was to assess the effect of therapy on muscle activation of ballet dancers. Increased activity has been found in the tibialis anterior and peroneus brevis muscles. Decreased activity showed rectus femoris, biceps femoris and gastrocnemius medialis muscles. The results of the study shows a different EMG activity of the lower limb muscles, compared to a common population. The results furthermore shows, that targeted rehabilitation can be a way, how to successfully influence the muscle activity by the dancers.

Keywords: ballet, muscle activity, upright stance, emg

This thesis was granted within the project “Biomechanical Analysis of Gait and Evaluation of Load on Lower Extremities in Professional Dancers”, registration number IGA_FTK_2012_031.

I agree with loans of my diploma thesis within the library services.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Markéty Procházkové, uvedla všechny použité literární zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Brně dne 1. 12. 2015

.....

Mé poděkování patří všem, kteří přispěli ke vzniku této diplomové práce. Děkuji Mgr. Markétě Procházkové za její odborné vedení a cenné rady, které mi během zpracování diplomové práce udělila. Děkuji také mé rodině, která mne velmi trpělivě podporovala.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	10
2.1 Balet.....	10
2.1.1 Historie baletu ve světě.....	10
2.1.2 Historie baletu v českých zemích.....	11
2.1.3 Baletní školy.....	12
2.1.4 Mužský vs. ženský balet.....	13
2.1.5 Baletní prvky.....	14
2.1.5.1 Turnout.....	14
2.1.5.2 En pointe, Demi-pointe.....	16
2.1.5.3 Plié.....	19
2.1.6 Baletní pozice.....	20
2.1.7 Strávné držení těla u profesionálních tanečníků.....	21
2.1.8 Vadné držení těla u profesionálních tanečníků.....	21
2.2 Vzpřímený stoj.....	24
2.2.1 Řídící složka & vzpřímený stoj.....	24
2.2.2 Výkonná složka & vzpřímený stoj.....	26
2.2.3 Senzorická složka & vzpřímený stoj.....	27
2.2.3.1 Propriocepce.....	27
2.2.3.2 Vestibulární aparát.....	28
2.2.3.3 Zrak.....	28
2.3 Svalové smyčky a řetězce.....	28
2.3.1 Modely myofasciálních řetězců.....	29
2.3.1.1 Hermann Kabat.....	29
2.3.1.2 Godelieve Denys-Struyff.....	29
2.3.1.2.1 Vertikální řetězce.....	30
2.3.1.2.2 Horizontální řetězce.....	32
2.3.1.3 Thomas W. Myers.....	34
2.3.1.4 Leopold Busquet.....	34
2.4 Svalová synergie.....	38
2.4.1 Funkce vybraných svalů DK.....	40
2.4.1.1 Nožní klenba.....	42
2.5. Povrchová elektromyografie.....	44

3 CÍLE A HYPOTÉZY	44
4 METODIKA	46
4.1 Charakteristika souboru probandů	46
4.2 Výzkumná metoda	46
4.3 Vlastní měření	46
4.3.1 Průběh měření	46
4.3.2 Posuzované parametry	48
4.3.3 Zpracování a vyhodnocení EMG signálu	48
4.3.4 Statistické zpracování dat	49
4.3.5 Fyzioterapeutická intervence	49
5 VÝSLEDKY	50
5.1 Výzkumná otázka č. 1	50
5.1.1. Soubor baletních tanečníků a tanečnic před terapií a kontrolní skupina	50
5.1.2 Soubor baletních tanečníků a tanečnic po terapii a kontrolní skupina	59
5.2 Výzkumná otázka č. 2	70
5.2.1 Skupina baletních tanečníků a tanečnic před terapií a po terapii	70
6 DISKUZE	79
7 ZÁVĚR	85
8 SOUHRN	86
9 SUMMARY	88
10 REFERENČNÍ SEZNAM	90
11 PŘÍLOHY	99

1 ÚVOD

Jakákoliv forma sportu či tance, která je vykonávána na vrcholové úrovni, výrazně ovlivňuje pohybový aparát člověka. Balet, jakožto forma klasického tance je typický tím, že vyžaduje vysokou flexibilitu jedince, extrémní rozsahy pohybů, přesnost v provádění jednotlivých pozic a schopnost v těchto pozicích udržet rovnováhu. Právě tyto charakteristiky jsou dovedeny k dokonalosti vlivem každodenního, mnohdy několikahodinového tréninku. Ten tanečníci tráví většinu času před zrcadlem, tedy pod svou zrakovou kontrolou.

Balet je tanec, pro který je typická pozice na špičkách (*en pointe*) a pološpičkách (*demi-pointe*), často při stoje na jedné dolní končetině. V baletních prvcích také nacházíme převahu zevně rotačního postavení v jednotlivých segmentech těla, dominantně na dolních končetinách. Neméně důležitá je dokonalá schopnost balance, která je zajišťována vyváženými svalovými souhrami.

Právě tyto charakteristiky a čas strávený na tanečním parketu mohou vést ke změně pohybových stereotypů, a tedy rozdílné svalové aktivitě ve srovnání s běžnou populací, čímž se zabývá tato diplomová práce. Naší snahou je rozšířit poznatky o svalové aktivitě baletních tanečníků v různých typech stoje a zjistit, jaký vliv má na tuto svalovou aktivitu cílená rehabilitace.

Naše poznatky o dopadu baletu na pohybový systém tanečníků by mohly sloužit k lepšímu pochopení toho klasického tance, a tím také k eliminaci případných rizik a zranění.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Balet

Tanec není jen prostý pohyb. Jsou při něm kladeny vysoké nároky jak po stránce fyzické, technické a muzikální tak po stránce psychické.

Psychická náročnost tance se ztotožňuje s náročností vrcholového sportu. Vyžaduje motivaci, koncentraci, psychickou odolnost a schopnost odolávat stresu. Tyto aspekty je nutné rozvíjet a pracovat na zkvalitnění adaptace tanečníka na konkrétní podmínky, které nastávají při samotném tanci.

Balet vyžaduje nejen precizní provedení pohybu, přesné umístění jednotlivých segmentů těla a udržení pozice, ale také plynulost pohybu, jeho procítění a prožitek. Tanečník je tedy nejen umělec, ale také výborný technik (Clippinger, 2007). Technika provedení by však neměla potlačit výrazovou a tvůrčí komponentu tance (Kröschlová, 2002).

Balet vyžaduje obrovskou všestrannost, sílu, rozsah pohybu (ROM), balanci, precizní neuromuskulární kontrolu a uvědomění si pohybu. Je pro něj typická práce na špičkách (*en pointe*) či pološpičkách (*demi-pointe*), což vyžaduje mnoho let úsilí a každodenní trénink. Další charakteristikou baletu je schopnost nadměrného rozsahu pohybu v jednotlivých segmentech těla a výrazná ohebnost (Clippinger, 2007; Haas, 2010). Balet je komplexním pohybovým uměním, kde záleží nejen na správném provedení jednotlivých pozic, ale také na schopnosti tyto pozice navzájem spojit do jednotného vyváženého celku a dát jim příběh.

2.1.1 Historie baletu ve světě

Kořeny baletu můžeme nelézt již v mumrajích, maškarádách a slavnostech 14. a 15. století (Rey, 1947). Jako forma umění se začal rozvíjet v pozdním období 14. století, v čase renesance, v Itálii a Francii. Zde byl často součástí operních představení. Jeho skutečný rozmach však registrujeme až v 17. století ve Francii, za vlády krále Ludvíka XIV. Ten roku 1661 založil první baletní školu – Královskou akademii tance (Académie Royale de Danse). Zde začaly vznikat první baletní prvky a byly stanoveny základní pozice nohou, které jsou používány dodnes (Mitchell, 2004).

Do začátku 80. let 17. století patřil balet pouze do výsady mužů. První žena tančila balet až 20 let po vzniku Královské taneční akademie, tedy roku 1681. 18. století pak bylo obdobím popularizace baletu, který se zařadil mezi uznávané formy umění (Kröschlová, 2002).

Balet, jako klasický tanec splňující estetické nároky v období 17. až 19. století, přestal vyhovovat novodobé taneční estetice, protože jeho technické a výrazové prostředky se staly nedostatečnými pro nově se rodící taneční prvky. Balet byl dříve založen především na svalové síle a ohebnosti nohou. Nyní vyžaduje také procítění a výrazovost těla v pohybu, což je hodnoceno společně s dynamikou, rytmicitou a cítěním prostoru (Kröschlová, 2002).

Na přelomu 18. a 19. století docházelo k přesunu baletního dění do Itálie, což přineslo velké množství nových baletních prvků (Anonymous 1, 2014). Nejvýznamnějším z nich je bezesporu „tanec na špičkách“ (*en pointe*). Ten se objevoval již dříve, ale pouze v podání akrobatů a provazolezců, a byl spíše zavrhován. „Tanec na špičkách“ začal být uznáván až ve 30. letech 19. století, v období romantismu. Pravděpodobně romantismus a jeho témata – nedosažitelnost, sny, lehkost a nadpřirozeno, přispěla k jeho rozvoji (Brodská, 2007). V 19. století docházelo vlivem sociálních změn ke ztrátě zájmu o balet a jeho vývoj pokračoval pouze ve Francii, Itálii a Rusku. Do Ruska se nakonec hlavní centrum baletu přesunulo (Anonymous 1, 2014).

2.1.2 Historie baletu v českých zemích

Jak za hranicemi, tak v českých zemích byl vývoj tanečních forem spjat s vývojem divadla (Brodská, 2006). V historii sloužil balet jako prostředek k luxusní zábavě na královských dvorech. Nebyl tedy příliš rozšířen do širších vrstev našeho národa (Schmidová, 1962). Ačkoliv se v operních představeních objevovaly prvky baletu, u nás se začal rozvíjet až po třicetileté válce v roce 1648. Docházelo k přílivu cizích aristokratů do Čech a tím také k pronikání zahraničních vlivů do našich zemí. Příslušníci vyšších společenských tříd začali vyznávat způsoby života italské, španělské a francouzské šlechty. Po druhé polovině 17. století se k nám z Vídně dostala italská opera *Il pomo d'oro* – Zlaté jablko, z roku 1667, v jejímž závěru je právě baletní vložka (Brodská, 2000).

V 18. století nastal rozkvět divadla, opery i baletu (Brodská, 2006). První baletní soubor u nás vznikl až v 18. století v Divadle v Kotcích. Zde byl mistrem Karel Stockinger z Vídně, který vytvořil dvě baletní intermezza (příhoda nakrátko přerušující hlavní děj) k opeře *La Ginerva* (1739)(Brodská, 2000).

Pravá česká baletní historie se začala psát až s otevřením Národního divadla v Praze. Zde se balet objevoval převážně v pohádkové formě či ve formě pantomimy. Baletní díla vycházela z tradice lidového tance. V 19. století byla také otevřena první baletní škola v Čechách (Královské české zemské a Národní divadlo), která přispěla k celkovému zlepšení úrovně českého baletu. Za opravdový rozvoj tohoto tance pak můžeme považovat období po skončení druhé světové války roku 1945, kdy začala vystupovat do popředí herecká stránka baletu (Schmidová, 1962).

2.1.3 Baletní školy

V dnešní době rozlišujeme tři různé baletní školy: francouzskou, ruskou, která je odvozena od školy francouzské a italskou. Ačkoliv tyto směry obsahují stejný základní princip, liší se navzájem způsobem provedení jednotlivých baletních pozic a také pojmenováním jednotlivých figur a kroků (Pica, 1988).

Francouzská baletní škola je vzhledem k její historii považována za původní techniku. Právě z ní vycházejí v určité míře ostatní techniky. Jsou pro ni typické měkké, elegantní a ladné pohyby, noblesa. Preferuje plynulost a eleganci před dokonalým technickým provedením. Dalšími charakteristickými rysy jsou přesné nohy a nártý, elegantní uvolněné *Port de Bras* (práce paží) a vysoko vedené dolní končetiny, což vyžaduje větší rozsah pohybu (Anonymous 2, 2014).

Ruská baletní škola je známá pod pojmem metoda Vaganové. Nejvíce je rozšířena v Rusku, Evropě a Severní Americe. Jsou pro ni typické vysoké skoky s použitím paží, množství otoček, přesné nohy a nártý a výrazné *Port de Bras*. Paže nepřecházejí plynule z jednoho pohybu do druhého, jako je tomu u ostatních metod, ale konají s důrazem a razancí. Jejich primární funkcí není okrasa, ale mají napomáhat vysokým skokům. Právě pro ty je důležitá síla trupových svalů, kterou ruská baletní škola zdůrazňuje. V metodě Vaganové je kladen důraz na precizní pohyby, smysl pro detail, přímé čisté linie,

jednoduchost provedení a přesnost, tak i ladnost, emoce a individuální tvořivost (Vaganova, 1969).

Italská škola, která je známá pod názvem Cecchetti metoda, je mezinárodně uznávaná jako hlavní baletní technika. Jejími charakteristickými znaky jsou – formální *Port de Bras*, rychlá práce nohou s plynulými přechody mezi pozicemi a nedotažené překřížení dolních končetin v páté pozici. Vyznává jasný čistý styl bez extravagance a zdůrazňuje roli anatomie (Grant, 1982).

2.1.4 Mužský vs. ženský balet

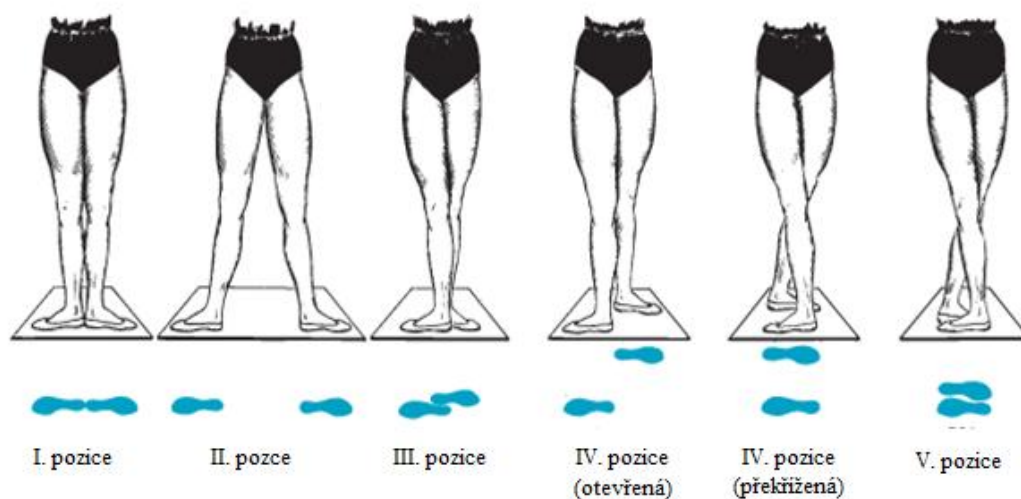
Přestože mají muži a ženy podobnou taneční techniku a sdílejí totožné taneční kroky a prvky, existují rozdíly mezi „mužským“ a „ženským“ baletním projevem (Wankle, Avendt, Mill & Groneberg, 2013).

Silné nohy umožňují muži skákat velmi vysoko a ve vzduchu se po určitý okamžik udržet – tzv. *ballon effect*. Široká záda zajišťují provedení dokonalých piruet. To jsou základní charakteristiky mužského baletu. Muž ženu zvedá, „nosí“, a napomáhá jí ve skocích (Califano, 2011; Wankle et al., 2013). Doplnuje její přednosti tak, aby byla baletka vnímána jako „okrasa“. To je umocněno její prací na špičkách.

V této pozici tančí převážně ženy a využívají k tomu speciální obuvi – tzv. baletní špičky (*pointe shoes*), zatímco pro muže je typická pozice pološpiček (*demi-pointe*) a obuv zvaná piškoty (*ballet slippers*) (Califano, 2011). Mužští tanečníci mohou tančit také v baletních holínkách. Ženy by měly být schopny balancovat na jedné špičce po velmi dlouhou dobu. Právě *balance* je mistrovským projevem ženy v baletu (Wankle et al., 2013).

2.1.5 Baletní prvky

2.1.5.1 Turnout



Obrázek 1. Základní pozice nohou (Anonymous 3, 2014).

Turnout neboli „vytočení chodidel“ je základním pohybovým prvkem baletního tance. V baletu se vyskytuje 5 základních pozic dolních končetin (DKK)(Obrázek 1), ve kterých začíná a končí každý taneční krok. V jednotlivých pozicích jsou chodidla vůči sobě vytočená o 180° a předpokladem pro jejich správné provedení je dostatečná zevní rotace (ZR) v kyčelních kloubech (KYK)(DeLisa, 1993; Clippinger, 2007; Negus, Hopper & Briffa, 2005). Thomasen uvádí, že u patnáctiletého tanečníka, který se chce v budoucnu věnovat baletu, by měla být přítomna ZR v KYK alespoň 60° (Brown & Micheli, 1998; Thomasen, 1982).

Pozice nohou v baletu (Obrázek 1):

- I. Pozice: špičky nohou jsou od sebe vytočeny v úhlu 180° . Paty a kolenní klouby jsou v kontaktu a hmotnost těla je rovnoměrně rozložena na obou chodidlech.
- II. Pozice: postavení nohou odpovídá předešlému, avšak s tím rozdílem, že paty jsou od sebe vzdáleny na délku jednoho, případně jednoho a půl chodidla. Střední chodidel by měly být umístěny pod rameny.
- III. Pozice: jedna noha je umístěna před druhou. Pata přední dolní končetiny kontaktuje střed nohy zadní. Paty jsou v zákrytu.
- IV. Pozice: je podobná předchozí. Chodidla jsou vždy umístěna paralelně ve vzdálenosti jednoho kroku. Rozlišujeme IV. pozici otevřenou, kde jsou paty

v zákrytu a IV. pozici překříženou, ve které je špička přední nohy v úrovni paty nohy zadní.

- V. Pozice: od předešlé se liší pouze tím, že chodidla jsou v kontaktu po celé délce (Kassing, 2013; Vaganova, 1969).

Míra ZR v kyčelním kloubu je dána nejenom kostními strukturami a ligamentózním aparátem, ale také napětím svalů (Clippinger, 2007; DeLisa, 1993; Kapandji, 1987). Z kostěných struktur hraje roli velikost kolodiafyzárního úhlu, hloubka, tvar a orientace acetabula. Acetabulum, které směřuje více laterálně a méně anteriorně a také plitké acetabulum umožňují větší ZR. Důležitým faktory, které určují velikost ZR v kyčli je délka krčku femuru, přičemž delší krček umožňuje větší ZR v KYK a jeho úhel antevertze nebo retrovertze. Za ideální úhel antevertze krčku je považováno rozmezí 8-15° (Clippinger, 2007; Wilmerding & Krasnow, 2011). Zmenšení tohoto úhlu nebo případná retrovertze vede ke zvětšení rozsahu pohybu do zevní rotace (Clippinger, 2007; Kapandji 1987; Wilmerding & Krasnow, 2011).

Mezi vazy nejvíce ovlivňující ROM KYK primárně řadíme ligamentum (lig.) iliofemorale, které limituje jednak extenzi KYK, ale také ZR. Omezení ROM do zevní rotace je tím větší, čím větší je extenze v kyčli (Wilmerding & Krasnow, 2011).

Hlavní svaly zajišťující *turnout* jsou hluboké zevní rotátory kyčle – m. gemellus superior et inferior, m. piriformis, m. quadratus femoris, m. obturatorius externus et internus. Na ZR se podílí také m. gluteus maximus (GMax), při flektované KYK také m. sartorius a při extendovaném femuru adduktory kyčelního kloubu (Wilmerding & Krasnow, 2011). Ke svalové složce limitující *turnout* patří především adduktory. Proto je při baletním tréninku kladen důraz na jejich protahování již od útlého věku dítěte (Howse & Hancock, 2000).

Ideálně provedený *turnout* by měl primárně vycházet pouze z kyčelních kloubů. To však většina tanečnicků není schopna provést pro nedostatečný ROM zevní rotace v kyčli. Proto dochází ke kompenzaci tohoto nedostatku jak v distálnějších, tak v proximálnějších segmentech (Gilber, Gross & Klug, 1998). V distálních segmentech pak můžeme pozorovat zvětšenou zevní rotaci tibie, což vede k jeho nadměrnému opotřebení a často až k narušení integrity lig. collaterale mediale, poškození mediálního menisku nebo bolestivosti patelofemorálního skloubení. Dále bývá patrná nadměrná

pronace v oblasti hlezna, která může přispívat ke vzniku tendinitidy Achillovy šlachy, šlachy flexoru hallucis longus (FHL) nebo m. tibialis posterior (TP) a plantární fascitida (Clippinger, 2007).

Kompenzace v proximálních segmentech se nejčastěji projevuje zvýšenou anteverzí pánve a tedy i nadměrnou bederní lordózou, což může vést k rozvoji „low back pain“ u baletních tanečníků (Gilber et al., 1998). Díky tomuto ventrálnímu klopení pánve dochází k uvolnění lig. iliofemorale, které je ve středním postavení pánve napnuto a jehož laterální vlákna se podílejí na limitaci ZR v kyčli (Clippinger, 2007).

Pokud není tanečník schopen provést *turnout* pouze pohybem v kyčli, který je generován primárními zevními rotátory, můžeme pozorovat tzv. „functional turnout“. Ten je spojen s již výše uváděnou kompenzací v dalších segmentech (Gilber et al., 1998; Negus et al., 2005). Jestliže k této náhradě dojde, měla by splňovat určitá kritéria: střed kolenního kloubu by měl být umístěn nad středem nohy (to omezuje přílišnou ZR tibie), obě dvě dolní končetiny by měly být zatíženy rovnoměrně a mělo by být přítomno ideální rozložení hmotnosti v rámci jednoho chodidla, což vede ke snížení potenciální pronace nohy (Gilber et al., 1998). Thomasen udává optimální hodnoty pro „functional turnout“ nejméně 70° ZR v kyčli, 5° ZR v koleni a 15° rotace v oblasti chodidla (Thomasen, 1982).

Uvádí se, že začátek baletních tréninků před 11. rokem života dítěte zajistí ideální *turnout*. To však ve své studii vyvrací Hamilton et al. (2006), který zjistil, že děti ve věkovém rozpětí 11 – 14 let, které trénují 6 a více hodin týdně, dosahují také optimálního *turnout* bez kompenzačních strategií (Hamilton et al., 2006).

2.1.5.2 En pointe, Demi-pointe

Tanec na špičkách (*en pointe*) a pološpičkách (*demi-pointe*) je pro baletní tanec typický. Dochází k častým výdržím a opakování polohy v těchto pozicích, což vyžaduje obrovskou sílu, flexibilitu, zvládnutí techniky a také precizní schopnost balance. Roli hraje také postavení kyčelních kloubů. Ty by měly být rotovány zevně, poněvadž nedostatečná ZR v KYK může vést k nežádoucí pronaci nohy (Clippinger, 2007). Bezesporu nejdůležitější je však dostatečný rozsah pohybu do plantární flexe (PF). Pro správné provedení pozice *en pointe* je požadován minimální ROM 90° do PF. Pro pozici *demi-pointe* je zapotřebí 90° extenze v oblasti metatarsophalangeálních kloubů

(Haas, 2010; Shah, 2009). To umožňuje přenos hmotnosti těla do oblasti předonoží (*demi-pointe*) nebo prstců (*en pointe*). Tento pohyb může být limitován kostními strukturami, a to tak, že dojde k zaklínění talu a calcaneu, což brání plnému provedení stoje na špičkách. Toto zaklínění neboli „posteriorní impingement“ vede k nestabilitě hlezna a posunu těžiště posteriorně (Clippinger, 2007). Pozice *en pointe* je stabilnější než pozice *demi-pointe*, poněvadž dochází k uzamčení subtalárního kloubu, který je při stoji na pološpičkách volnější (Shah, 2009).

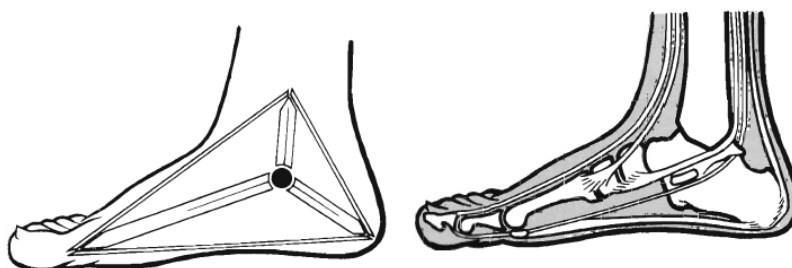
Mezi hlavní svaly, které zajišťují PF nohy, patří m. gastrocnemii (GA) a m. soleus (SOL). Dostatečnou energeticky náročnou výdrž zajišťuje především m. soleus díky většímu podílu pomalých svalových vláken (Kapandji, 1987; Luttgens & Hamilton, 1997). M. SOL je schopen vyzvednout tělo z pozice *demi-pointe* do polohy *en pointe*. Také kontroluje dopad při doskoku. Dalšími svaly podílejícími se na PF jsou i m. tibialis posterior, m. flexor hallucis longus a m. flexor digitorum longus (FDL), jejichž funkcí je především zkrátit vzdálenost mezi předonožím a zánožím. Jsou tedy nápomocni při udržení nožní klenby v poloze *en pointe* (Clippinger, 2007; Haas, 2010).

Bez pomoci m. peroneus longus (PL), m. FHL a m. FDL při provedení plantární flexe, by měla noha tendenci směřovat do ekvinovarózního postavení. Tím by docházelo k anterokaudálnímu skluzu talu a v trasverzotarzálním (Chopartově) kloubu by tak nebylo možné provést dostatečnou plantární flexi. Tato nedostačující PF v Chopartově kloubu je pak kompenzována zvýšením ROM do PF v distálnějších kloubech, především v Lisfrancově kloubu. Přestože může toto postavení vypadat korektně, je díky nevhodné poloze talu nestabilní (Shoene in Werd & Knight, 2010).

M. TP, m. tibialis anterior (TA) a m. PL tvoří funkční jednotku, která zajišťuje zvednutí nožní klenby a tedy balanci v pozici *en pointe* a *demi-pointe*. Tyto svaly nazýváme také jako „třmen nohy“. Probíhají za mediálním a laterálním kotníkem, v plosce se kříží a upínají se na os naviculare a ossa cuneiformia. Místo jejich úponu jim poskytuje ideální pozici pro „nadzvednutí“ středonoží při plantární flexi, bez ohledu na pozici prstců. Jejich kontrakce také napomáhá udržení hmotnosti těla nad oblastí prstců a jejich vyvážená souhra brání nežádoucí inverzi či everzi nohy v poloze na špičkách či pološpičkách (Clippinger, 2007; Kapandji, 1987).

Významnou roli v pozici *demi-pointe* zastává také plantární fascie tvořící oporu mediálnímu oblouku nohy. Napomáhá udržet jakýsi „krov“ chodidla (Obrázek 2) tím,

že zabraňuje pohybu jednotlivých jeho částí, čímž udržuje jeho tvar. Plantární fascie k sobě přitahuje předonoží a zánoží, a tak zabraňuje oploštění nožní klenby při přenosu váhy do oblasti hlaviček metatarsů. Při kontaktu extendovaných prstů se zemí a při následném zatížení se plantární fascie napne, pozvedne se mediální oblouk chodidla a dojde k supinaci nohy. To vede k uzamčení středonoží a noha se stává stabilnější i pro případný odraz (Kapandji, 1987).



Obrázek 2. Role plantární fascie (Kapandji, 1987).

Poněvadž mm. GA, jako součást m. triceps surae (TS), řadíme mezi vícekloubové svaly, podléhají principu aktivní a pasivní insuficience. Míra flexe kolenního kloubu tak určuje jednak možný ROM v kotníku a také efektivitu práce m. TS. Nejvyšší účinnost m. TS je v pozici extendovaného KOK a dorzálně flektovaného hlezna, čehož je využíváno hlavně při odrazu (Kapandji, 1987).

A kdy začít s pozicí *en pointe*? Přestože jde čistě o individuální záležitost, kde hrají roli kostní zralost, mentální vyspělost, technická zdatnost a roky tréninku, existují určitá doporučení. Těmi jsou minimální věk dítěte 11 let a 3-4 roky baletního tréninku (Clippinger, 2007; Shah, 2009).

2.1.5.3 Plié



Obrázek 3. *Demi-plié a Grand plié (Anonymous 4, 2014).*

Jedná se o pohybový prvek, ve kterém dochází k flexi jedné či obou dolních končetin, dominantně v kolenních kloubech a současně je přítomna ZR v KYK a KOK. *Plié* je možné provádět v každé z pěti základních pozic nohou (Barnes, Krasnow, Tupling & Thomas, 2000). Napřímený trup klesá kolmo k zemi. Pánev je ve středním postavení. *Plié* by mělo být „drženo“ nepřetržitou svalovou kontrakcí, a to především v krajní poloze, aby nedocházelo k nadměrnému využívání vazivových struktur, a tedy brzkému opotřebení KOK (Clippinger, 2007).

Rozlišujeme dva hlavní typy *plié* – *grand plié* a *demi-plié* (Obrázek 3). Během *grand plié* jsou kolena flektována v plném ROM, až do úrovně, ve které se stehna nacházejí v horizontální poloze vůči podložce (Barnes et al., 2000; Bennel et al., 1999). Pokud je *grand plié* prováděno v první, třetí, čtvrté nebo páté pozici nohou, dochází společně se zvětšující se flexí v KOK k odlepení paty od podložky. Při návratu do výchozí pozice paty klesají k zemi. (Barnes et al., 2000). U *demi-plié* je flexe v KOK prováděna pouze v polovičním rozsahu až do pozice, ve které jsou kolena umístěna nad prstci. Paty zůstávají na podložce (Barnes et al., 2000; Bennel et al., 1999).

Trepman et al. (1994) ve své studii pozoroval zvýšenou aktivitu m. vastus lateralis et medialis během celého průběhu *demi-plié*. Se zvětšující se flexí v KOK jejich aktivita rostla a v konečné pozici *demi-plié* dosáhla svého maxima. Při návratu do výchozí polohy se naopak snižovala. M. TA vykazoval největší míru aktivity při rostoucí flexi v kolenou, s maximem ve spodní poloze *plié*, a téměř nulovou aktivitu při pohybu zpět. S návratem do stoje s rostoucí extenzí DKK dochází také ke zvýšení aktivity m. gastrocnemius medialis (GM) a m. gluteus maximus. Ten je výrazně aktivní také v poloze *plié* spolu

s m. gastrocnemius lateralis (GL) a adduktory (Trepman et al., 1994). Adduktory se zde uplatňují také jako zevní rotátory kyčelního kloubu (Wilmerding & Krasnow, 2011). Dominantní roli při *plié* by měl hrát m. quadriceps femoris (QF), působící při poklesu těla excentricky a při návratu do výchozí pozice koncentricky (Clippinger, 2007).

V průběhu *plié* dochází ke zvýšenému tlaku na menisky a lig. collaterale mediale. S rostoucí flexí v kolenou zde působí také zvýšená kompresní síla na patelu, což může vést k její chondropatii (Clippinger, 2007). Pro provedení dokonalého *grand plié* je nutná také dostatečná zevní rotace v kyčelních kloubech, která již byla diskutována výše. To je spolu s maximální flexí v KOK rizikovým faktorem pro vznik zranění. Množství profesionálních tanečníků navíc přeceňuje své limity a preferuje estetiku provedení před její „fyziologičností“, čímž vznikají nežádoucí kompenzace a opět riziko úrazu (Barnes et al, 2000).

2.1.6 Baletní pozice

Existuje velké množství baletních pozic. Jak již bylo zmíněno, téměř všechny jsou prováděny na zevně rotovaných dolních končetinách, přičemž začínají i končí v jedné z pěti základních pozic nohou. Mezi elementární baletní prvky řadíme již výše popsané *turnout* a *plié*, dále pak *relevé* (Pica, 1988).

Relevé, neboli „zdvih“, se tančí na špičkách případně pološpičkách. Může být prováděno na jedné nebo obou dolních končetinách. Tento zdvih může být plynulý, což je typické pro francouzskou baletní školu nebo s mírným pružením, které pozorujeme u Cecchetti metody. Pro vykonání *relevé* je důležitá síla plantárních flexorů (Pica, 1988).

Dalšími základními baletními pozicemi (Příloha 4) jsou:

- Arabesque (Obrázek 4)
- Assemble (Obrázek 5)
- Battement Fondu (Obrázek 6)
- Battement Frappé (Obrázek 7)
- Battement Tendu (Obrázek 8)
- Chassé (Obrázek 9)
- Pas de Chat (Obrázek 10)

- Pirouette (Obrázek 11)
- Retiré (Obrázek 12)
- Rond de Jambe (Obrázek 13)
- Sissioné (Obrázek 14)
- Sur le Cou-de-pied (Obrázek 15)

2.1.7 Držení těla u profesionálních tanečnicků

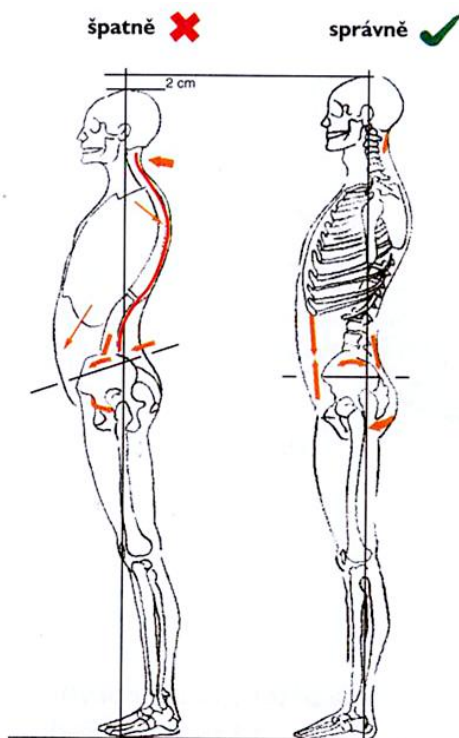
Správné držení těla lze považovat za stavební kámen pohybové estetiky. Je podmínkou technické dokonalosti, která je společně s přesností a ladností pohybu v baletním tanci nezbytná. Aby mohl být umožněn plynulý a uvolněný pohyb, je zapotřebí korektní postura také v klidu, a to bez přílišného úsilí. Optimální postavení jednotlivých segmentů těla je také předpokladem účelného a přesného pohybu (Kröschlová, 1956; Kröschlová, 1975).

Taneční a běžné držení těla se příliš neliší. Platí pro ně stejné zásady (Kröschlová, 1956). U baletních tanečnicků je však přítomna výrazná zevní rotace dolních končetin, která je pro tento tanec typická. V baletu hraje stěžejní roli postavení pánve a trupu jako celku. Pánev by měla být ve středním postavení a páteř napříměná. Právě nastavení pánevního pletence ovlivňuje postavení dolních končetin od kyčelních kloubů až po chodidla (Clippinger, 2007).

2.1.8 Vadné držení těla u profesionálních tanečnicků

Velké množství mladých, začínajících nebo naopak profesionální baletek vykazuje prvky vadného držení těla (Obrázek 16). Je patrný tzv. relaxovaný postoj. Ten je patrný u více než poloviny profesionálních baletních tanečnic a tanečnicků. Při tomto postoji je vykazována minimální svalová aktivita a pozice těla je tak držena převážně pasivními strukturami, tedy vazy. Toto postavení je méně energeticky náročné. Pro takové držení těla je typický posun pánve v sagitální rovině před vertikální osu těla. Současně je trup umístěn za tuto osu. Nacházíme zvýrazněná sagitální zakřivení páteře. Jedná se o zvýšenou hrudní kyfózu, prohloubenou bederní lordózu a kompenzačně předsunutě držení hlavy a krku. Na rozdíl od klasického hyperlordotického postavení bederní páteře zde nedochází

k anteverzí pánve a flexi v kyčelních kloubech, nýbrž k její retroverzí s hyperextenzí v KYK. Relaxované držení těla je pravděpodobně způsobeno neúměrným zvětšováním rozsahu pohybu v KYK (Clippinger, 2007).



Obrázek 16. Vadné vs. správné držení těla (Mlčoch, 2008).

Dalším typem vadného držení těla vyskytující se u baletních tanečnicků je hyperlordóza bederní páteře. Ve srovnání s předcházejícím případem je mechanismus jejího vzniku odlišný. Při nedostatečné zevní rotaci v kyčelních kloubech dochází kompenzačně k flexi v KYK a anteverzí pánve. To vede k prohloubení bederní lordózy. Ta může vnikat také díky nedostatečnému, případně neoptimálnímu zapojení břišní muskulatury, převahou extenzorového aparátu zad nebo porušenou koaktivací břišního a zádového svalstva (Clippinger, 2007). Incidence hyperlordózy bederní páteře u začínajících tanečnicků je ve srovnání s jejich profesně staršími kolegy vyšší. To je přisuzováno dlouhodobějšímu tréninku a tedy kvalitnějšímu provedení u zkušenějších kolegů (Clippinger, 2007; Deckert 2007).

U tanečnicků, kteří příliš usilovně „pracují“ na korekci své hyperlordózy, se časem mohou objevit tzv. „plochá záda“, kde vidíme vyhlazení křivek páteře v sagitální rovině. Tato odchylka snižuje funkci páteře jakožto „absorbéru nárazů“ (Clippinger, 2007).

U některých tanečníků se vyskytuje zvětšená hrudní kyfóza, což je převážně důsledkem oslabení extenzorů hrudní páteře. Může být způsobena také nadměrným využíváním přímých břišních svalů bez dostatečného protažení anebo bez současného posilování jejich antagonistů. Na kyfotické držení hrudní páteře nezřídka „nasedá“ předsunuté držení hlavy a krku (Clippinger, 2007).

Často se vyskytuje také neideální postavení kolenních kloubů. Z velké části se jedná o tzv. genua recurvata. Ta jsou čtenější u žen, hypermobilních jedinců a u tanečníků se zvýšenou svalovou aktivitou m. quadriceps femoris. Pasivní hyperextenze je někdy nevhodně volena jako mechanismus zajišťující stabilitu KOK. Tato patologie KOK s sebou přináší zvýšené prohloubení bederní lordózy, anteverzi pánve a nadměrnou pronaci nohy. Tolerovanou hodnotou hyperextenze u baletních tanečníků je 10° (Clippinger, 2007).

Důsledkem patologického držení jednotlivých segmentů těla je snížená schopnost balance (Clippinger, 2007).

2.2 VZPŘÍMENÝ STOJ

Vzpřímené držení těla, tedy bipedální stoj, je jednou z charakteristik člověka, čímž nás odlišuje od ostatních primátů. Lidské tělo je díky velkému množství kloubů a tělesných segmentů v podstatě nestabilní strukturou, která je charakterizována jako tzv. „obrácené kyvadlo“. Toto „obrácené kyvadlo“ je nutné „vybalancovávat“ na poměrně malé opěrné ploše (Latash, 2008).

Schopnost udržet vzpřímené držení těla podléhá velkému množství komplexních dějů. Závisí mimo jiné na fyzikálních faktorech, kterými jsou výška těžiště, velikost opěrné plochy, charakter kontaktu s opěrnou plochou, vlastnosti a postavení segmentů těla (Véle, 1995). Schopnost zajistit vzpřímené držení je označována jako posturální stabilita (Vařeka, 2002).

Je definována jako „schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému a/nebo neřízenému pádu“ (Vařeka, 2002, 116). Na udržení posturální stability se podílí tři hlavní složky – řídicí, výkonná a senzorická (Shumway-Cook & Woollacott, 2007; Vařeka, 2002). Ty by měly být ve vzájemné interakci. Řídicí funkce, která je zajišťována centrálním nervovým systémem (CNS), eferentně řídí složku výkonnou, tedy aktivitu svalů. Ta přijímá dostředivé informace, které vyhodnocuje. Senzorická složka posturální stability je zajišťována pomocí proprioreceptorů, zraku a vestibulárního aparátu (Vařeka, 2002).

2.2.1 Řídicí složka & vzpřímený stoj

Udržování vzpřímeného držení těla přímo podléhá vlivu CNS. Posturální funkce zajišťující stoj probíhají subkortikálně a jsou vnímány pouze jako pocit posturální jistoty (Véle, 1995). Na této úrovni je řízeno například přednastavení výchozí postury a excitability motoneuronů, adaptace během pohybu, automatizace stereotypních pohybů a jejich kontrola a tvorba náhradních pohybových vzorů (například při nocicepci). Řízení stabilizace určité polohy, tedy i stoje, je zajištěno tvorbou tzv. supraspinálních vzorců: po uplatnění polohového programu následuje cílený pohybový program, který realizuje konkrétní pohybový záměr. Pro dokonalou schopnost adaptability organismu je nutné mít k dispozici mnoho pohybových programů. Ty se získávají učením (Véle, 1997).

Zásadní podmínkou pro udržení vzpřímeného stoje je dostatečný svalový tonus. Jeho míra je zajišťována a regulována reflexními reakcemi na úrovni spinální míchy, propriospinálními okruhy, subkortikálními oblastmi, drahami mozkového kmene a mozečku. Důležitý je také poměr aktivity extenzorů a flexorů, přičemž aktivita extenzorového aparátu by měla být v převaze. To zajišťují supraspinální oblasti prostřednictvím tractus vestibulospinalis, který řídí tonus šíjového, zádového svalstva a extenzorů dolních končetin (Králíček, 2002; Kaňovský, Herzig a kol., 2007; Trojan a kol. 2003).

Nejnižší úrovní v řízení stability je spinální mícha. Motorika je zde řízena na podkladě spinálních (proprioceptivních a exteroceptivních) reflexů. Do míchy jsou prostřednictvím aferentních neuronů ze svalových větének přiváděny informace o aktuální míře protažení konkrétního svalu. Zde jsou přepojeny přímo na eferentní motoneuron (nebo nepřímo přes interneuron), který míří zpět do extrafuzálních vláken svalu a upraví jeho délku (Králíček, 2002; Kuo, 2005). Tato lokální reflexní smyčka je vhodná pouze pro jednoduché posturální situace (Kuo, 2005).

V řízení motoriky mozkovým kmenem (prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek) hraje zásadní roli retikulární formace (ReF), která je centrem reflexní motoriky, ovlivňujícím činnost alfa i gama motoneuronů. ReF je důležitým integračním systémem, který řídí množství somatických a autonomních funkcí a který má vztah jak k oblastem mozkové kůry (vzestupný systém ReF), tak ke spinální míše (sestupný systém ReF). Sestupný systém ReF dělíme na facilitační (umocňuje míšní reflexy), který zvyšuje tonus antigravitačních svalů a tlumí tonus flexorů, a inhibiční, který tlumí míšní reflexy a tonus extenzorů. Tím se ReF zásadním způsobem podílí na udržování vzpřímeného stoje. Prodloužená mícha a Varolův most jsou přepojovacími stanicemi aferentních i eferentních nervových drah, které se podílejí na řízení nepodmíněných reflexů. Střední mozek se uplatňuje v udržování vzpřímené polohy těla. Jsou zde jádra okoohybných nervů a je také centrem orientačních zrakových a sluchových reflexů (Králíček, 2002; Trojan a kol., 2003).

Další významnou roli v řízení opěrné motoriky hraje díky svému velkému vlivu na udržování vzpřímené polohy těla a řízení svalového tonu mozeček. Vestibulární mozeček integruje signály z proprioreceptorů, statokinetického čidla a z mozkové kůry, a jeho hlavním úkolem je tedy udržování vzpřímené polohy. Za účasti sestupného systému RF zajišťuje vzpřimovací reflexy; léze v této oblasti vede k poruchám rovnováhy. Spinální

mozeček zpracovává zejména propioceptivní informace, čímž se podílí na řízení svalového tonu – aktivuje inhibiční sestupný systém ReF a tlumí tonus antigravitačních svalů (Trojan a kol., 2003). Z mozkové kůry přicházejí k mozečku informace o plánovaném pohybu, které mozeček porovnává s reálným stavem pohybu konkrétního tělesného segmentu. Pokud se stav tohoto segmentu liší od zamýšlené hybnosti, mozeček prostřednictvím svých descendentních drah upraví rozdíl (Králíček, 2002). Mozeček má tedy důležitou funkci komparátoru pohybu. Přijímá aferentní i eferentní informace z míchy, ReF, vestibulárních jader a z mozkové kůry. Těmito cestami se mu dostává velkého množství senzoričkových informací a motorických povelů, které využívá pro případnou korekci motorického programu (Králíček, 2002; Vander, Sherman & Luciano, 2005).

2.2.2 Výkonná složka & vzpřímený stoj

Schopnost udržovat zaujatou polohu proti působení zevních sil je zajišťována svalovým aparátem. Přesněji řečeno, současnou izometrickou aktivitou antagonistických svalů, jejichž výsledkem je svalová koaktivace. Ta brání aktuálně nezamýšlenému pohybu (Véle, 2006). Ve vzpřímeném držení těla jsou kladeny vyšší nároky na extenzorový aparát než na flexorový.

K aktivaci jednotlivých svalových skupin dochází postupně, od nejmenších svalů po největší, v distoproximálním směru. Pro zajištění co nejnižší energetické náročnosti stoje jsou větší svalové skupiny aktivovány až s vyšším stupněm lability (Véle, 1995). Prvním „příznakem“ nestability stoje je flexe prstů, která zajistí rozšíření opěrné báze. Můžeme také pozorovat rozšíření svalové aktivity do oblastí svalů bérce („hra šlach“) a následně zapojení svalů stehna a trupu. Nakonec dochází ke spoluúčasti horních končetin a úkroku (Véle, 2006). Tyto strategie, sloužící k navrácení těla do původní polohy, jsou celkem tři. Kotníková strategie, která vyrovnává zejména anteroposteriorní výkyvy těla. Kyčelní, při které zaznamenáváme mediolaterální výkyvy a úkrok, který vede k přesunu těla do nové pozice.

Vzpřímené držení těla klade zvýšené požadavky nejen na svalovou aktivitu, ale také na koordinační schopnosti řídicího nervového systému, který přijímá množství senzoričkových informací a musí vyrovnávat tělo při neustálém působení gravitace (Véle, 1995).

2.2.3 Senzorická složka & vzpřímený stoj

Jak již bylo zmíněno, zabezpečení posturální stability je závislé na vzájemné spolupráci propiocepce, zrakového a vestibulárního aparátu (Shumway-Cook & Woollacott, 2007; Vařeka, 2002). Novotným et al. jsou jmenované senzorické složky označovány jako tzv. prostorový analyzátor (Novotný, Hahn, Boleloucký, & Vaverková, 1997).

Zastoupení jednotlivých senzorických složek se na posturální stabilitě podílí za různých podmínek odlišně (Horak, 2006). Pokud stojí zdravý jedinec na pevné podložce a v dobře osvětleném prostředí, přijímá primárně informace z propioceptorů (70 %). Z vestibulárního aparátu je pak využíváno 20 % a ze zrakového 10 % podnětů. Pokud tento jedinec přestoupí na labilní podložku, stává se dominantním vestibulární a zrakový aparát (Peterka, 2002). Schopnost organismu určovat míru využití aferentních informací je velmi důležitá pro zajištění posturální stability za měnících se zevních podmínek (Horak, 2006; Peterka, 2002).

2.2.3.1 Propriocepce

Trénink tanečnicků je zaměřen na vnímání pohybu, balanci, somatognozii a orientaci těla v prostoru (Schmit, Regis & Riley, 2005). Právě přehled o umístění jednotlivých segmentů těla v prostoru a vůči sobě navzájem nám zprostředkovává propiocepce. Rozšířená propioceptivní zpětná vazba posiluje synergické svalové skupiny a napomáhá koordinaci končetin. Tím přispívá k efektivitě pohybu baletních tanečnicků. Schopnost uvědomění si polohy (statestézie) a pohybu těla (kinestézie) je velmi důležitá v prevenci vzniku zranění (Kiefer, Riley, Shockley & Sitton, 2013).

Vlivem baletního tréninku dochází ke zkvalitnění propiocepce na dolních končetinách (Golomer, Dupui, Séréní & Monor, 1999b; Kiefer et al., 2013), nejmarkantněji v oblasti hlezna (Kiefer et al., 2013). Tanečníci vykazují ve srovnání s běžnou populací vyšší úroveň stability stoje, ať již se zrakovou kontrolou či bez ní (Golomer et al., 1999b; Keifer et al., 2013). Pokud je však zamezeno příchodu propioceptivních informací a tanečníci jsou odkázáni pouze na informace ze zrakového a/nebo vestibulárního aparátu, jsou ve stoji naopak mnohem méně stabilní než běžná populace (Simmons, 2005a).

2.2.3.2 Vestibulární aparát

V klasickém baletu se vestibulární aparát neustále podílí na udržení posturální stability. Nejvíce je aktivní při rotačních a akceleračních pohybech. Pro udržení rovnováhy během těchto pohybů jsou důležité informace také ze zrakového aparátu. Hopper et al. (2014) ve své studii hodnotil míru posturální stability po vestibulární stimulaci u profesionálních, pre-profesionálních a rekreačních baletních tanečnicků. Bylo zjištěno, že posturální stabilita profesionálních tanečnicků není příliš ovlivněna vestibulární stimulací, zatímco další dvě skupiny po stimulaci vykazovaly výrazné výkyvy (Hopper et al., 2014).

2.2.3.3 Zrak

Za účelem zdokonalení techniky a pro kontrolu precizního provedení pozic tráví baletní tanečníci většinu svého tréninku před zrcadlem. Proto se předpokládá, že zrakový input hraje zásadní roli v udržování posturální stability (Simmons, 2005a). A i když je zrak dominantním faktorem při kontrole balance, tanečníci jsou ve srovnání s netanečnickými více závislí na propriocepci a vestibulárním aparátu (Golomer & Dupui, 2000; Golomer, Dupui & Monod, 1997; Golomer et al., 1999b). Některé studie ukazují, že u tanečnicků hrají informace ze zrakového aparátu větší roli při udržování rovnováhy než informace přicházející z proprioceptorů a vestibulárního aparátu (Hugel, 1999; Schmit et al., 2005). Ramsey & Riddoch udávají, že při zrakové kontrole mají tanečníci přesnější a preciznější pozici končetin v prostoru než netanečníci (Ramsey & Riddoch, 2001).

2.3 SVALOVÉ SMYČKY A ŘETĚZCE

Svaly nepracují jednotlivě, ale ve větších celcích – svalových smyčkách. Ty jsou tvořeny minimálně dvěma svaly, mezi které je zařazen pevný segment. Jeho poloha je tahem těchto svalů vyvažována – působí na něj jako otěže. Segment se na podkladě svalové aktivity stává buď pohyblivým, nebo je fixován a může tak tvořit oporu jinému pohyblivému segmentu (Véle, 2006). Vzájemnou fyzikální i funkční vazbou svalových smyček, které jsou propojeny fasciálními, šlachovými i skeletálními strukturami, vzniká

svalový řetězec. Ten tvoří funkční jednotku a je programově řízen prostřednictvím CNS. Svaly řetězce nepracují jen synchronně. CNS řídí aktivaci jednotlivých článků postupně, čímž umožňuje koordinovaný a ekonomický pohyb (Véle, 2006).

2.3.1 Modely myofasciálních řetězců

Společným rysem myofasciálních řetězců je to, že jsou svaly řazeny do lokomočního systému, na který je dohlíženo CNS jakožto řídicím centrem. Pro zajištění plynulosti pohybu je nutná spolupráce svalů (Richter & Hebgen, 2009). Ty pracují v určitých vzorcích, které jsou při opakování konkrétního úkonu stejné nebo velmi podobné, čímž dochází ke zjednodušení řízení pohybu (Imagawa, Hagio & Kouzaki, 2013; Richter & Hebgen, 2009). Díky diagonálnímu průběhu svalů je umožněn pohyb segmentů ve všech rovinách (Richter & Hebgen, 2009).

Jak již bylo zmíněno, svalovými smyčkami se zabývalo množství autorů, zejména Herman Kabat, Godelieve Struyff-Denys, Thomas W. Myers a Leopold Busquet, kterým se budu níže věnovat podrobněji.

2.3.1.1 Hermann Kabat

Neurofyziolog a lékař Hermann Kabat byl zakladatelem konceptu propioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF). Jeho práce vychází z neurofyziologických poznatků sira Ch. Scherringtona. Kabatova léčebná technika je založena na tom, že oslabené svalové skupiny jsou postupně integrovány do svalového řetězce, který je stimulován vizuálními, dotykovými a sluchovými podněty (Richter & Hebgen, 2009). V PNF jsou pohyby řazeny do tzv. sdružených pohybových vzorců. Na pohybu, který probíhá ve všech třech rovinách, se podílí celé svalové skupiny. Mluvíme o syntetických pohybech diagonálního a rotačního charakteru (Adler, Beckers & Buck, 2007; Richter & Hebgen, 2009).

2.3.1.2 Godelieve Denys- Struyff

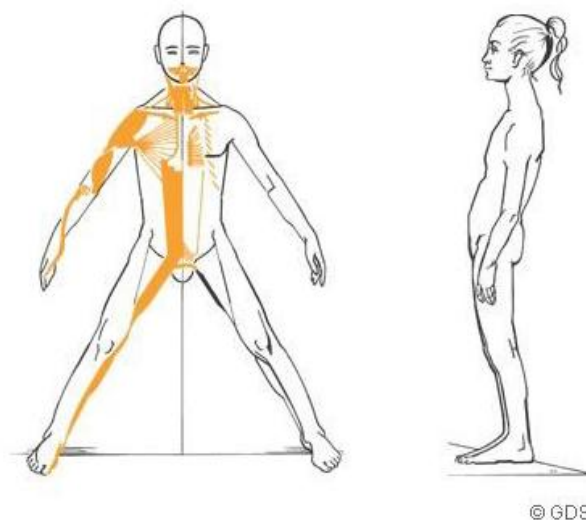
Byla patrně první, kdo mluvil o svalových smyčkách v pravém slova smyslu. Tato fyzioterapeutka zdůrazňovala psychologickou složku osobnosti ve vztahu k pohybové

soustavě. Říkala, že forma a struktura segmentu je dána svalovým tonem a že tvar těla je dán pohybovými vzorci, které reflektují psychické rozpoložení osobnosti. Denys-Struyff popsala 10 svalových řetězců. Pět pro každou stranu těla: tři dominantní vertikální řetězce pro trup a hlavu a dva sekundární horizontální řetězce pro horní a dolní končetiny. K facilitaci koordinovaného pohybu a prevenci deformit je důležité, aby byly dominantní řetězce v rovnováze (Richter & Hebgen, 2009; Denys-Struyff, 1995).

2.3.1.2.1 Vertikální řetězce

Anteromediální řetězec (Obrázek 17):

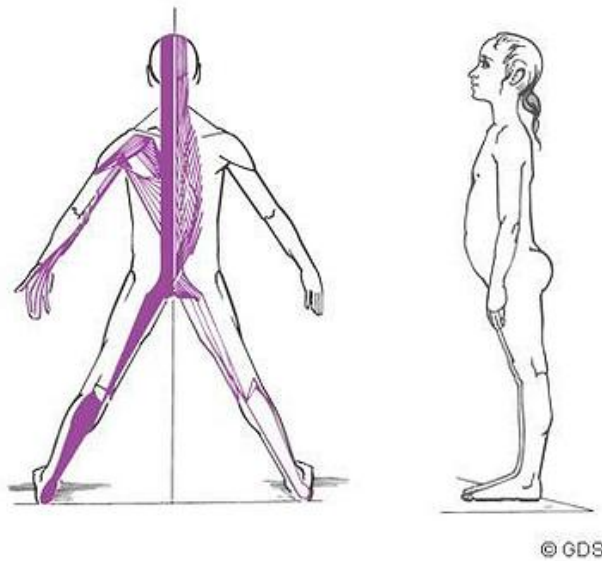
- Trup: svalstvo pánevního dna, m. rectus abdominis, m. pectoralis major (spodní a střední část), m. transversus thoracis, interkostální svalstvo (mediální část), m. subclavius, m. scalenus anterior, sternální část m. sternocleidomastoideus, jazykové svaly.
- Horní končetina: klavikulární část m. deltoideus, m. brachialis, m. supinator, m. abductor pollicis longus et brevis.
- Dolní končetina (DK): m. pyramidalis, m. adduktor longus, brevis et magnus, m. pectineus, m. gracillis, m. gastrocnemius medialis, m. adduktor hallucis.



Obrázek 17. Anteromediální řetězec dle Godelieve Denys- Struyff
(Denys-Struyff, 1995).

Posteromediální řetězec (Obrázek 18):

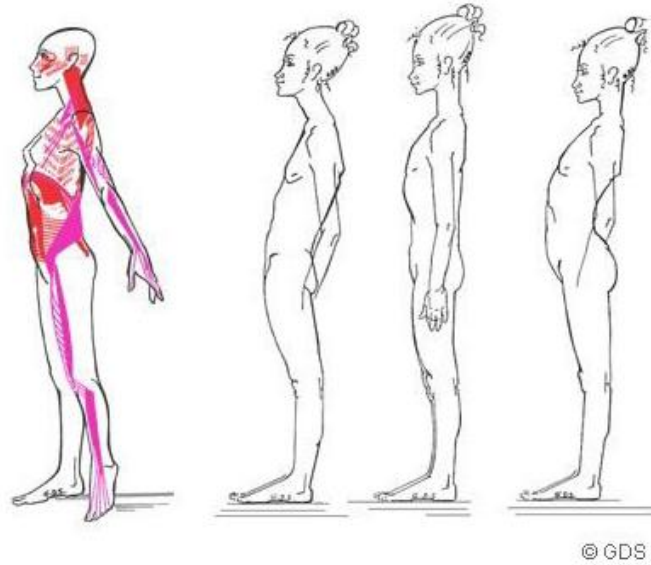
- Trup: m. erector trunci, dlouhé extenzory krku.
- Horní končetina: m. latissimus dorzi, m. trapezius (vzestupná vlákna), m. infraspinatus, m. teres minor, lopatková část m. deltoideus, dlouhá hlava m. triceps brachii, m. pronator quadratus, m. pronator teres, flexory prstů.
- Dolní končetina: m. semitendinosus (ST), m. semimembranosus (SM), m. soleus, flexory nohy a prstů.



Obrázek 18. Posteromediální řetězec dle Godelieve Struyff-Denys
(Denys-Struyff, 1995).

Posteroanteriorní – anteroposteriorní řetězec (Obrázek 19):

- Trup: autochtonní paravertebrální muskulatura, dýchací svaly, m. splenius cervicis et capitis, mm. scaleni, m. iliopsoas.
- Horní končetina: m. pectoralis minor, m. coracobrachialis, krátká hlava m. biceps brachii, mediální hlava m. triceps brachii, extenzory prstů.
- Dolní končetina: m. vastus medialis, m. rectus femoris (RF), extenzory prstů.

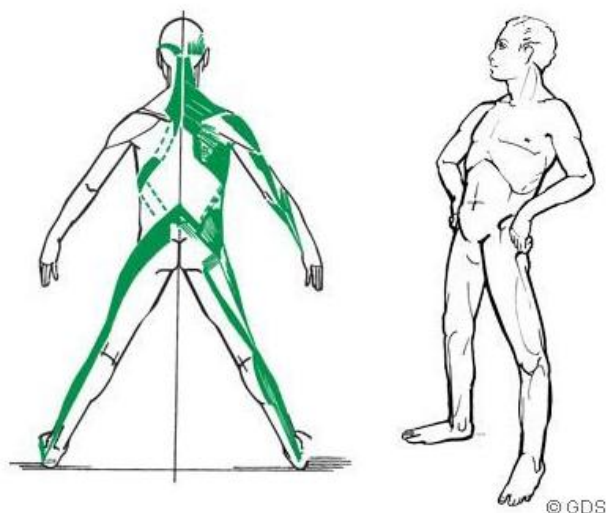


Obrázek 19. *Posteroanteriorní – anteroposteriorní řetězec dle Godelieve Struyff-Denys (Denys-Struyff, 1995).*

2.3.1.2.2 Horizontální řetězce

Posterolaterální řetězec (Obrázek 20):

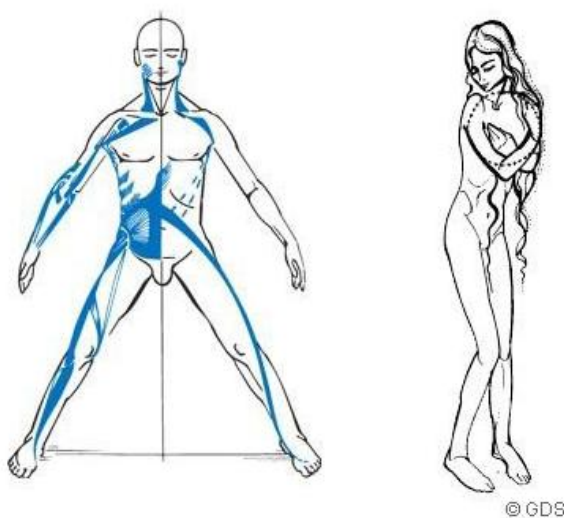
- Dolní končetina: m. gluteus medius, m. biceps femoris (BF), m. vastus lateralis, mm. peronei, m. gastrocnemius lateralis, m. plantaris, laterální část m. abductor hallucis.
- Horní končetina: m. trapezius (sestupná a horizontální vlákna), m. supraspinatus, akromiální část m. deltoideus, laterální hlava m. triceps brachii, m. anconeus, m. extenzor carpi ulnaris, m. flexor carpi ulnaris, m. abductor digiti minimi.



Obrázek 20. *Posterolaterální řetězec dle Godelieve Struyff-Denys (Denys-Struyff, 1995).*

Anterolaterální řetězec (Obrázek 21):

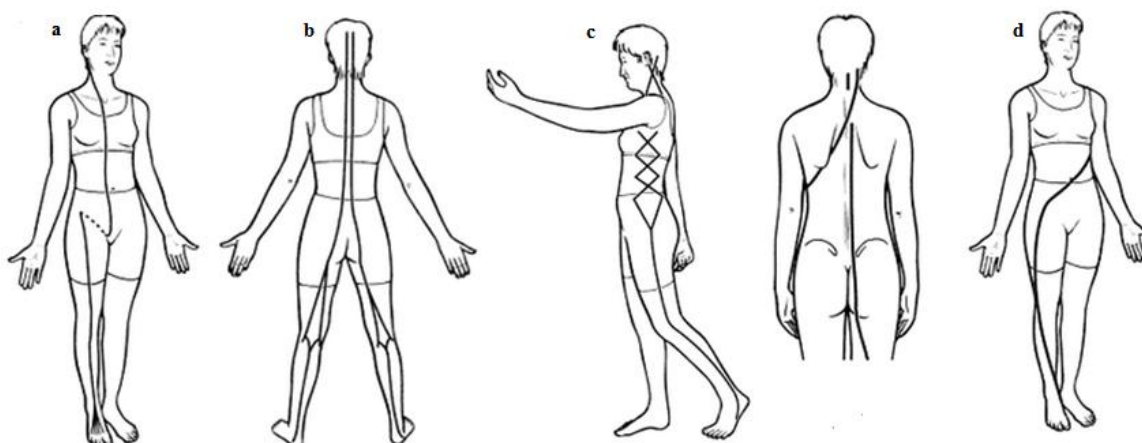
- Horní končetina: klavikulární část m. sternocleidomastoideus, m. pectoralis minor, m. deltoideus, m. teres major, m. latissimus dorzi, m. subscapularis, dlouhá hlava m. biceps brachii, m. supinator, m. brachioradialis, m. extensor carpi radialis longus et brevis, m. palmaris longus, svaly thenaru, mm. lumbricales, mm. interossei palmares, m. flexor carpi radialis.
- Dolní končetina: m. gluteus medius, m. tensor fasciae latae, m. tibialis anterior et posterior, mm. interossei plantares, mm. lumbriales.



Obrázek 21. *Anterolaterální řetězec dle Godelieve Struyff-Denys (Denys-Struyff, 1995).*

2.3.1.3 Thomas W. Myers

Popisoval svalové řetězce jako tzv. fasciální meridiány, neboli myofasciální dráhy (Obrázek 22), jejichž tah vede přes celé tělo. Místa připojení svalů ke kosti či fascii jsou zde přenosnými body (Richter & Hebgen, 2009).



a – povrchová přední linie; b – povrchová zadní linie; c – laterální linie; d – spirální linie

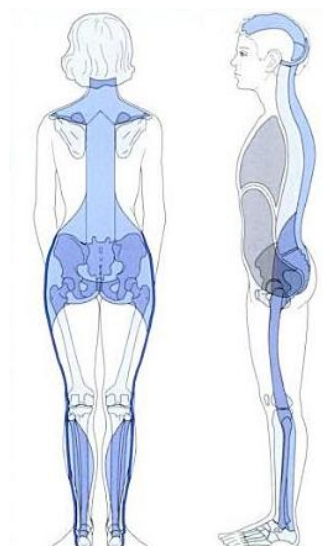
Obrázek 22. Myofasciální dráhy dle Thomase W. Myerse (Richter & Hebgen, 2009).

2.3.1.4 Leopold Busquet

Francouzský osteopat, který se ve svých knihách zabýval převážně svalovými řetězci. Zkoumal také orgánové dysfunkce a patologie ve vztahu k pohybovému systému (Richter & Hebgen, 2009; Schleip, Findley & Chaitow, 2012). Popsal pět řetězců, které běží od trupu ke končetinám (Obrázek 5)(Richter & Hebgen, 2009; Schleip et al., 2012):

Statický posteriorní řetězec (Obrázek 23):

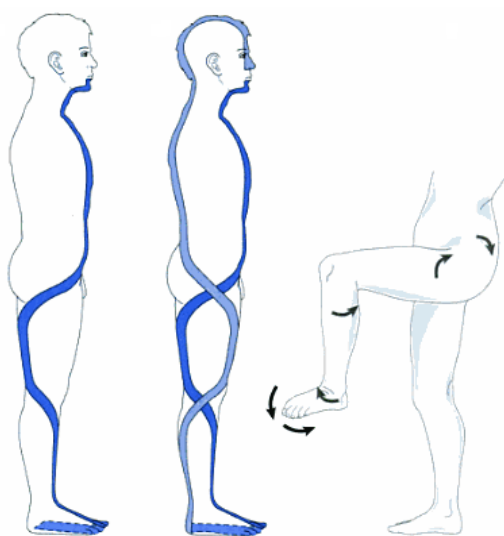
- falx cerebri et cerebelli, ligamenta páteře, fascia thoracolumbalis, lig. sacrotuberale et spinale, fascia m. piriformis et obturatorii, m. tensor fasciae latae, fibula et membrana interossea, fascia plantaris.



Obrázek 23. *Statický posteriorní řetězec dle L. Busqueta (Richter & Hebgen, 2009).*

Flekční neboli přímý anteriorní řetězec (Obrázek 24):

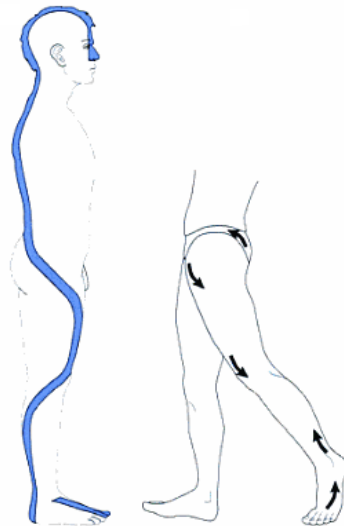
- Trup: m. splenius capitis et colli, m. sternocleidomastoideus, mm. scaleni, mm. intercostales, m. pectoralis major et minor, m. trapezius (sestupná vlákna), mm. rhomboidei, m. teres major, m. rectus abdominis, svaly pánevního dna.
- Horní končetina: klavikulární část m. deltoideus, m. coracobrachialis, m. biceps brachii, m. brachialis, flexory zápěstí a prstů.
- Dolní končetina: m. psoas minor, m. semimembranosus, m. obturatorius externus et internus, m. popliteus, m. extensor digitorum longus (EDL), m. quadratus plantae, m. hallucis brevis, m. flexor digiti minimi, mm. lumbricales.



Obrázek 24. *Flekční řetězec dle L. Busqueta (Richter & Hebgen, 2009).*

Extenční neboli přímý posteriorní řetězec (Obrázek 25):

- Trup: hluboké paravertebrální svalstvo, quadratus lumborum, m. serratus posterior superior et inferior, m. trapezius, m. pectoralis minor, m. serratus anterior, m. splenius colli, mm. scaleni, m. latissimus dorzi, m. teres major.
- Horní končetina: lopatková část m. deltoideus, m. triceps brachii, extenzory zápěstí a prstů.
- Dolní končetina: m. quadratus lumborum, m. rectus femoris, m. quadratus femoris, m. vastus intermedius, plantární flexory nohy, m. plantaris, m. flexor digitorum brevis, mm. interossei, m. extensor digitorum brevis, m. extensor hallucis brevis.

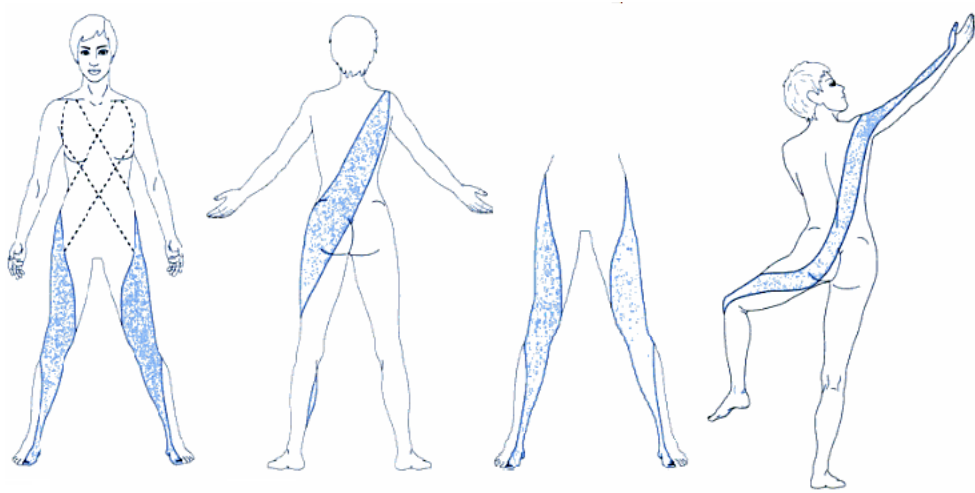


Obrázek 25. *Extenční řetězec dle L. Busqueta (Richter & Hebgen, 2009).*

Diagonální posteriorní řetězec neboli „otevřený řetězec“ (pro pravou stranu) (Obrázek 26):

- Trup: paravertebrální svaly vpravo, iliolumbální vlákna m. quadratus lumborum vpravo, iliokostální vlákna m. quadratus lumborum vlevo, mm. intercostales interni vlevo, mm. intercostales externi vpravo, m. latissimus dorzi, m. trapezius (vzestupná část) vlevo, m. teres major vlevo, m. pectoralis major vlevo, m. splenius colli et capitis vlevo, mm. scaleni vlevo.
- Horní končetina: extenzory paže, předloktí, zápěstí a prstů, abduktory paže, předloktí, zápěstí a prstů.

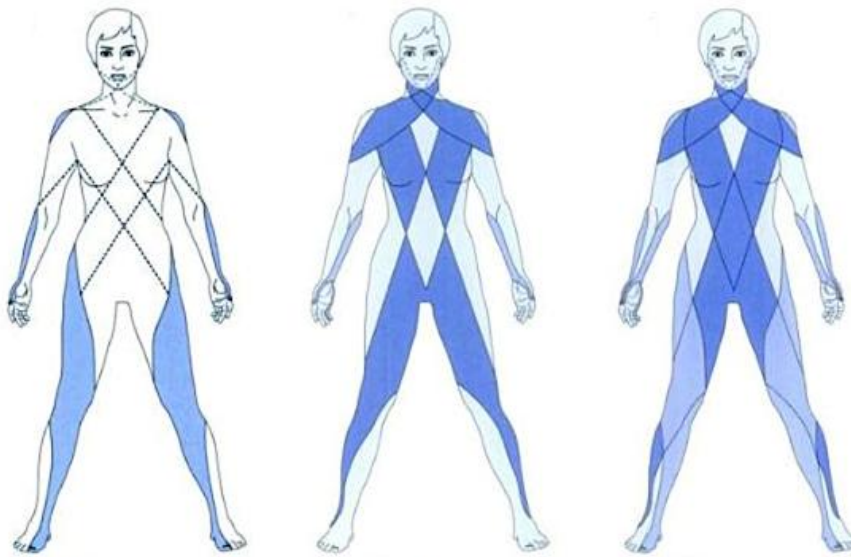
- Dolní končetina: mm. glutei vlevo, m. sartorius vpravo, m. tensor fasciae latae vpravo, m. vastus lateralis, m. tibialis anterior, m. extensor hallucis longus (EHL).



Obrázek 26. Diagonální posteriorní řetězec dle L. Busqueta (Richter & Hebgen, 2009).

Diagonální anteriorní řetězec neboli „uzavřený řetězec“ (Obrázek 27):

- Trup: m. obliquus internus vlevo, pravý m. obliquus externus, mm. intercostales interni (vlevo) et externi (vpravo), levý mm. pectoralis major et minor, m. serratus anterior vpravo, mm. rhomboidei vpravo, mm. scaleni vpravo, mm. splenius colli et capitis vlevo, vzestupná část pravého m. trapezius a sestupná část levého m. trapezius.
- Horní končetina: flexory a adduktory
- Dolní končetina: adduktory femuru vpravo, m. vastus medialis, m. semitendinosus, mm. peronei, m. abductor hallucis.



Obrázek 27. Diagonální anteriorní řetězec dle L. Busqueta (Richter & Hebgen, 2009).

2.4 Svalová synergie

Synergie je původem řecký výraz, který bychom mohli přeložit jako „*spolupráce*“. Za synergii může být považován libovolný vztah mezi dvěma či více prvky (klouby, svaly) (Dipietro et al., 2007). Sherrington vyslovil hypotézu, že CNS generuje pohyb pomocí kombinace malých skupin svalů (D'Avella, 2005; Ting & McKay, 2007; Ting, 2007). Tato hypotéza byla následně formulována několika způsoby, naposledy byly tyto „malé skupiny svalů“ označeny jako „svalová synergie“ (Tresch & Jarc, 2009).

Nicméně v rámci různých vědeckých komunit nabývá slovo „*synergy*“ rozdílných významů. V neurovědě jsou motorické synergie prezentovány jako potenciální strategie používané CNS ke zjednodušení systémové zátěže organismu. Koordinují mnoho stupňů volnosti (DOF) muskuloskeletálního systému, pro dosažení různých cílů (Alexandrov, Frolov & Massion, 1998; Baroni, Pedrocchi, Ferrigno, Massion & Pedotti, 2001; Cirstea, Mitnitski, Feldman & Levin 2003; D'Avella, Saltiel & Bizzi 2003). V klinické neurorehabilitaci mohou být motorické synergie chápány jako stereotypní pohyby celé končetiny (Dipietro et al., 2007).

Ting & McKay uvádí, že svalové synergie jsou základními stavebními kameny, které definují charakteristické aktivační svalové vzorce. Ty jsou jedinečné pro každého jednotlivce, ale mají podobné funkce (Ting & McKay, 2007).

Nejčastěji jsou svalové synergie vnímány jako prostředek ke snížení stupňů volnosti při řízení pohybu: Namísto toho, aby CNS řídil tisíce motorických jednotek nebo tucty svalů, právě využitím svalových synergií může řídit pohyb mnohem menším počtem proměnných (D'Avella et al., 2003; Ting & Macpherson, 2005).

Další interpretace popisuje, že svalové synergie fungují jako jakýsi mezistupeň mezi „zastabilizováním“ segmentu a provedením konkrétního pohybového úkonu. Synergie tedy určují odpovědné svalové skupiny, které pokud jsou aktivovány společně, zjednodušují ovládání biomechanických vlastností končetiny (například úhel v kloubu či její orientace v prostoru). Tento výklad řadí svalovou synergii do řízení strategie pohybu, která zajišťuje jak motorickou kontrolu, tak senzorický feedback (Ting, 2007).

Udává se také, že řízení pohybu na úrovni svalových synergií je primitivním způsobem řízení motorické koordinace a vychází z vývojově starších systémů, obdobných jako jsou v míše. Tyto synergie se mohou opětovně projevit při nějaké patologické situaci (Giszter, Patil & Hart, 2007; Tresch, Saltiel, D'Avella & Bizzi, 2002).

Samozřejmě se setkáváme také s kritikou hypotézy svalových synergií. Tou hlavní je názor, že svalové synergie odrážejí spíše omezení v provedení daného úkolu než neurální kontrolu strategie pohybu (Kutch, Kuo, Bloch & Rymer, 2008; Valero-Cuevas, Venkadesan & Todorov, 2009). Využívání svalových synergií může potenciálně omezit účinnost kontroly pohybu ze strany CNS, poněvadž jejich uplatněním dochází k omezení množství možných aktivačních vzorců. Dipietro udává, že svalové synergie zapříčiňují ztrátu nezávislé kloubní kontroly a omezují schopnost člověka koordinovat jeho klouby ve flexibilních a adaptivních vzorcích, což znemožňuje vykonat množství pohybových úkonů. Proto eliminaci počtu svalových synergií spatřuje jako cíl rehabilitace (Dipietro et al., 2007).

2.4.1 Funkce vybraných svalů dolních končetin

Aktivita svalstva dolních končetin je hnací silou našeho těla a umožňuje nám pohyb vpřed. Vyvážená aktivita svalů dolních končetin je důležitá pro zachování jejich fyziologického fungování. Jakákoliv nerovnováha se v průběhu času může projevit četnými patologiemi, které ovlivňují proximálněji umístěné segmenty. V následujících řádcích bude shrnuta funkce námi vybraných svalů DKK.

M. quadriceps femoris je čtyřhlavý sval, jehož hlavní funkcí je extenze kolenního kloubu. Prostřednictvím své části m. rectus femoris se uplatňuje také jako flexor KYK. Kapandji (1987) udává, že síla celého m. QF je třikrát větší než síla jeho antagonistů, tedy m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus, protože m. QF musí působit proti směru gravitační síly. Pokud se kolenní kloub nachází v hyperextenzi, antigravitační působení m. QF je eliminováno. Bylo také zjištěno, že před zahájením flexe, tedy působením hamstringů, je m. QF aktivní (Kapandji, 1987). M. QF se zapojuje především při chůzi v nerovném terénu, naopak v klidném stoji je jeho aktivita nízká (Dylevský, 2009).

M. rectus femoris je dvoukloubová hlava stehenního svalu, což výrazně ovlivňuje jeho funkci. Efektivita m. RF je tedy závislá na pozici kyčelního i kolenního kloubu. S flexí kolenního kloubu klesá vliv m. RF v oblasti KYK a naopak. Síla m. RF dosahuje 1/5 síly celého m. QF a jeho samostatná činnost není schopna zajistit plnou extenzi KOK (Clippinger, 2007; Kapandji, 1987).

M. semitendinosus, m. semimembranosus a m. biceps femoris jsou také dvoukloubové svaly a s m. RF jsou v antagonisticko – synergickém vztahu. Zatímco m. ST, m. SM a m. RF zajišťují extenzi kyčelního a flexi kolenního kloubu, m. RF vůči nim pracuje inverzně. Důležitou funkcí těchto svalů zadní strany stehna je rotace. V důsledku umístění jejich úponů řadíme m. ST a m. SM k vnitřním m. BF k zevním rotátorům kolenního kloubu (dochází k rotaci tibie)(Dylevský, 2009; Kapandji 1987).

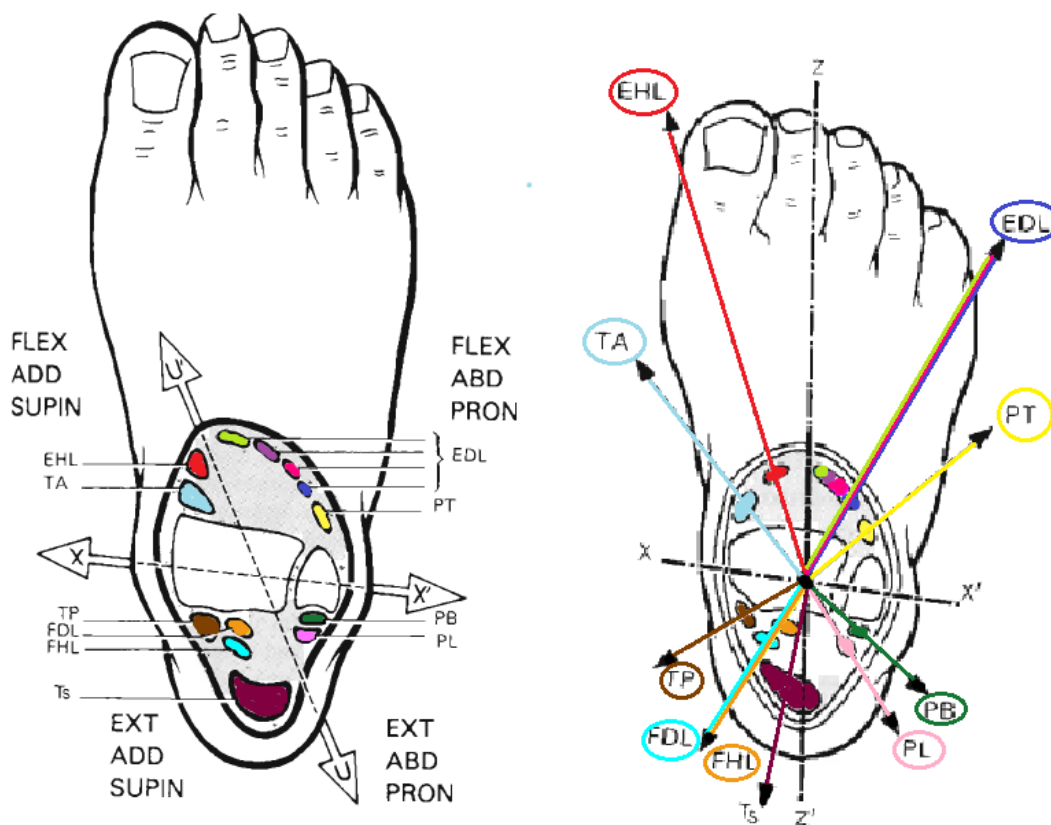
M. triceps surae je trojhlavý sval, který se skládá z laterálního a mediálního m. gastrocnemius a z m. soleus. Jako celek jej můžeme považovat za sval dvoukloubový, což znamená, že jeho efektivita práce závisí jak na pozici kolenního kloubu, tak na pozici hlezna. M. TS se řadí společně s m. GMax a m. QF k nejsilnějším svalům v těle. Pokud však dojde k flexi kolenního kloubu, a tak eliminaci akcelerační funkce mm. gastrocnemii,

síla m. soleus není dostatečná ani pro běžnou chůzi nebo skoky (Kapandji, 1987). M. soleus se uplatňuje především ve statice. Je posturálním svalem, který vyvažuje sklon (retroverzi) tibie (Clippinger, 2007; Dylevský, 2009).

Hlavní funkcí m. tibialis anterior je dorzální flexe chodidla, při které elevuje a v otevřeném kinematickém řetězci oplošťuje mediální oblouk podélné nožní klenby (Clippinger, 2007). Vzhledem ke svému umístění je také adduktorem a supinátorem nohy, přičemž efektivnější je jakožto supinátor. Touto funkcí se řadí mezi hlavního antagonistu m. peroneus longus. V součinnosti se svým antagonistou a zároveň synergistou – m. tibialis posterior umožňuje „čistou“ addukci a supinaci nohy bez přítomnosti dorzální či plantární flexe nohy (Kapandji, 1987). V uzavřeném kinematickém řetězci může prostřednictvím své supinační funkce elevovat mediální oblouk nohy a pomáhat tak udržet nožní klenbu (Clippinger, 2007).

M. peroneus longus a m. peroneus brevis (PB) jsou svaly, které zajišťují abdukcii a pronaci nohy. Jsou také pomocnými svaly při plantární flexi PF nohy, na které se z hlediska síly podílejí z 1/14, zbývajících 13/14 zajišťuje m. triceps surae. M. PL je dvakrát silnější než m. PB, který je považován za jediný „čistý“ abduktor nohy (Kapandji, 1987). M. PB omezuje supinaci nohy, která je generována při aktivitě lýtkového svalu (Dylevský, 2009). Velmi důležitou funkcí m. PL je udržování nožní klenby, jak ve statice, tak v dynamice (Dylevský, 2009; Kapandji, 1987).

V oblasti hlezna může docházet k pohybům – dorzální a plantární flexe, supinace, pronace, abdukce a addukce. Je nutné si uvědomit, že aby byla provedena „čistá“ plantární nebo dorzální flexe, je zapotřebí vyvážené aktivity abduktorů a adduktorů nohy. Kotníky protíná imaginární osa XX' (Obrázek 28), která dělí jednotlivé svaly na plantární a dorzální flexory hlezna. Plantární flexory leží za osou XX' a dorzální flexory jsou umístěny před ní. Tyto svaly můžeme současně dělit také podle jejich vztahu k ose UU' (Henkeho osa) (Obrázek 28). Svaly, které leží mediálně od osy UU' se uplatňují také jako adduktory a supinátory. Do této skupiny řadíme m. TA a m. EHL, přičemž m. TA je od osy UU' více vzdálen, a tak je považován za silnější abduktor a supinátor než m. EHL. Svaly, ležící laterálně od osy UU' , tedy m. EDL a m. peroneus tertius (PT) řadíme mezi abduktory a pronátory. Opět se uplatňuje pravidlo, že čím dále od osy sval probíhá, tím je silnější.

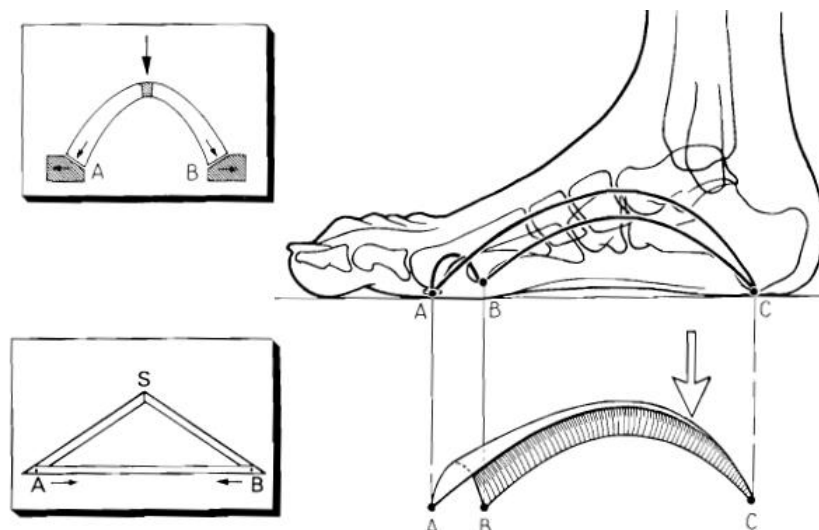


Vysvětlivky: FLEF – flexe, EXT – extenze, ADD – addukce, SUPIN – supinace, ABD – abdukce, PRON – pronace.

Obrázek 28. Funkce svalů dolní končetiny v oblasti hlezna (Kapandji, 1987).

2.4.1.1 Nožní klenba

Nožní klenba je systém, ve kterém spolupracují aktivní (svaly) i pasivní (ligamenta, klouby a kostní struktury) složky pohybového systému. Je obecně známo, že aby bylo těleso stabilní, musí mít alespoň tři body opory. To platí také u nožní klenby. Body opory jsou umístěny pod hlavičkou 1. a 5. metatarsu a v oblasti paty. Mezi nimi se rozpínají dva systémy kleneb – podélná a příčná (Obrázek 29)(Clippinger, 2007; Dylevský, 2009; Kapandji, 1987).



Obrázek 29. Nožní klenba (Kapandji, 1987).

Příčná klenba se rozprostírá pod tarsálními kostmi a hlavičkami metatarsů a je nejvíce vyjádřena v oblasti ossa cuneiformia a os cuboideum. Je udržována také pomocí svalů m. TA a m. PL, které tvoří tzv. „šlašitý třmen“ nohy (Clippinger, 2007; Kapandji, 1977).

Podélná klenba je ohraničena mediálním a laterálním paprskem nohy. Funkce podélných oblouků nohy se liší. Mediální oblouk, který je tvořen prvními třemi metatarsy, ossa cuneiformia, os naviculare a os calcaneum, má schopnost přizpůsobit se nerovnému terénu. Napomáhá změně směru a přenosu zatížení z jedné nohy na druhou. Laterální oblouk, který se skládá z IV. a V. metatarsu, os cuboideum a os calcaneum, se podílí na zajištění stability a nese váhu těla. Během stoje je v kontaktu s podložkou (Clippinger, 2007).

Uspořádání kostěných elementů, integrita vazivového aparátu a vyvážená aktivita svalů nohy a bérce je základem funkční nožní klenby. Je prokázáno, že při klidném stoji dochází pouze k minimální svalové aktivitě. Svaly zde slouží spíše jako „dynamická rezerva“ pro náročnější posturální situace (Clippinger, 2007; Dylevský, 2009). Ve stoji je tato práce zajištěna posturálním svalstvem (Véle, 2006).

Véle popisuje tyto svalové smyčky napomáhající udržet nožní klenbu (Véle, 2006):

- Smyčka m. TA – m. PL
(fibula - m. PL – metatars I – os cuneiforme I – m. TA – tibia)

- Smyčka m. TP – m. PB
(fibula – m. PB – calcaneus – os cuboideum – m. TP – tibia)

2.5. Povrchová elektromyografie

Povrchová elektromyografie (SEMG – Surface Electromyography) je experimentální neinvazivní vyšetřovací metoda, která slouží k hodnocení aktivity jednotlivých svalů prostřednictvím snímání jejich bioelektrických signálů. Umožňuje snímání aktivity více svalů v průběhu pohybu najednou, čehož se využívá při hodnocení svalových souher, sekvencí zapojování jednotlivých svalů, míry svalové aktivity a podobně. Elektromyografie (EMG) snímá akční potenciály právě aktivních motorických jednotek nacházejících se v blízkosti elektrod, které jsou umístěny na kůži nad testovaným svalem (Krobot & Kolářová, 2011).

Svalová aktivita při SEMG se nejčastěji zaznamenává prostřednictvím dvou elektrod, které jsou uloženy paralelně s vlákny měřeného svalu. Tyto elektrody snímají v určitém čase různé elektrické potenciály vzhledem k referenční elektrodě. Ta se umísťuje co nejdále od senzorů v elektricky nejméně aktivní oblasti (nejčastěji kostní prominence). Výsledkem měření je bipolární signál, který je zesílen v diferenciálním zesilovači a představuje potenciálový rozdíl, který byl sejmut oběma elektrodami ve stejný čas (Konrad, 2005; Krobot & Kolářová, 2011). U většiny nabízených přístrojů je prvotní EMG záznam v podobě analogového signálu, který je prostřednictvím vyhodnocovací jednotky konvertován do digitální podoby. Přenos signálu je uskutečněn prostřednictvím kabelů, což však značně omezuje pohyb probanda, nebo telemetricky (Krobot & Kolářová, 2011).

Výstupní EMG signál mohou ovlivňovat vnitřní i zevní faktory. Vnitřní faktory vyplývají ze samotných vlastností svalu a není možné je při měření signálu ovlivnit. Vnější faktory, jako jsou konfigurace a umístění elektrod, případné pohybové artefakty nebo nízká míra kontaktu kůže a elektrody, již ovlivnit lze (Krobot & Kolářová, 2011).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem práce bylo porovnat svalovou aktivitu vybraných svalů dolních končetin při různých typech stoje u profesionálních baletních tanečnicků a běžné populace.

Dílčí cíle

Porovnat svalovou aktivitu vybraných svalů dolních končetin před a po rehabilitaci u profesionálních baletních tanečnicků, v různých typech stoje.

Výzkumné otázky

Díky velkému množství hypotéz jsme volili řešení posouzení zvolených cílů ve 2 výzkumných otázkách.

Výzkumná otázka č. 1: *Liší se svalová aktivita vybraných svalů dolních končetin baletních tanečnicků oproti jedincům běžné populace za rozdílně posturální a balanční náročnosti?*

Výzkumná otázka č. 2: *Liší se svalová aktivita vybraných svalů dolních končetin u profesionálních baletních tanečnicků před a po rehabilitaci?*

4 METODIKA

Výzkum byl uskutečněn za souhlasu etické komise Fakulty tělesné kultury (Příloha 2) v rámci projektu „Biomechanická analýza chůze a hodnocení zatížení nohy u profesionálních tanečnicků“ s registračním číslem IGA_FTK_2012:031.

4.1 Charakteristika souboru probandů

Experimentální skupinu tvořilo 13 profesionálních baletních tanečnicků Moravského divadla v Olomouci. Ve vzorku bylo zastoupeno 9 žen a 4 muži (průměrný věk $24,54 \pm 3,52$ let; průměrná výška $170,55 \pm 10,63$ cm; průměrná hmotnost $60,03 \pm 12,91$ kg). Tanečníci se věnovali baletu na profesionální úrovni. Délka tanečního tréninku činila přibližně 9 hodin denně.

Kontrolní skupina se skládala z 22 probandů, z toho 10 mužů a 12 žen (průměrný věk $23,41 \pm 2,22$ let; průměrná výška $172,50 \pm 10,37$ cm; průměrná hmotnost $68,23 \pm 11,34$ kg).

Pro všechny účastníky souboru probandů platí, že byly vybrány osoby s absencí patologií a chirurgických zákroků na dolních končetinách a na páteři. Probandi kontrolní skupiny navíc nesměli vykonávat žádný sport na vrcholové úrovni.

4.2 Výzkumná metoda

Byla snímána svalová aktivita vybraných svalů na dolních končetinách pomocí bezdrátové povrchové elektromyografie Deltys®. Tato měření byla synchronizována s videozáznamem.

4.3 Vlastní měření

4.3.1 Průběh měření

Měření baletních tanečnicků probíhalo v prostředí Moravského divadla v Olomouci. Podmínky byly optimalizovány na minimum rušivých vlivů ve standardním klimatickém

prostředí místnosti. Probandi byli obeznámeni se způsobem a průběhem měření a podepsali informovaný souhlas s měřením, zpracováním a publikováním dat (Příloha 3).

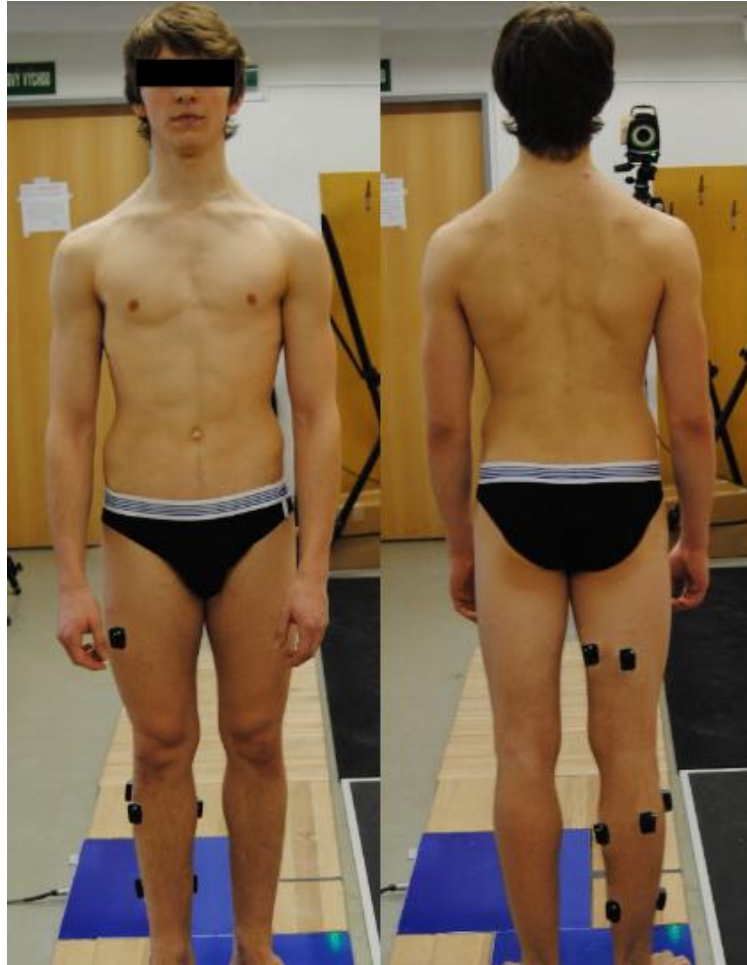
Před samotnou aplikací elektrod byla probandům v místě nad vyšetřovaným svalem oholena kůže a očištěna abrazivní pastou (Nuprep gel) k redukci kožního odporu. Následně byla kůže omyta vodou a usušena utěrkou. Na důkladně vypalované a očištěné svalové bříško jsme nalepili bezdrátové povrchové elektrody (Obrázek 30) tak, aby byly umístěny kolmo na směr průběhu vláken svalu.

Byla snímána povrchová aktivita následujících svalů: m. tibialis anterior, m. peroneus longus et brevis, m. gastrocnemius medialis et lateralis, m. soleus, m. rectus femoris, mm. semimembranosus et semitendinosus a m. biceps femoris. Tyto svaly jsou součástí kinematických řetězců dolní končetiny (Véle, 2006).

Probandi byli v jednotlivých typech stoje měřeni po dobu vždy 30 sekund, a to nejprve v bipedálním stoji s otevřenými a poté se zavřenými očima. Následovalo měření ve stoji na pravé a poté na levé dolní končetině. Z důvodu postupného zvyšování náročnosti stoje byli probandi měřeni nejprve s očima otevřenými a poté s vyloučením zrakové kontroly.

Účastníci výzkumu nebyli nijak poučeni či korigováni ve volbě strategie pro provedení jednotlivých typů stoje, vyjma pokynu „nohy na šířku pánve“ v případě bipedálního stoje. V průběhu všech měření byl pořizován videozáznam.

V průběhu našeho měření se vyskytla mechanická porucha. Došlo k vyhoření počítačového disku a velké ztrátě naměřených dat. Z tohoto důvodu bylo v naší práci hodnoceno pouze 13 baletních tanečnicků a tanečnic namísto původních dvaceti.



Obrázek 30. *Umístění elektrod*

4.3.2 Posuzované parametry

Pozorovaným parametrem v hodnocení svalové aktivity byla amplituda EMG signálu. Normalizaci signálu jsme provedli vztahením naměřené svalové aktivity (varianty stoje) k tzv. aktivační hodnotě (vyjadřuje se z klidové hodnoty, ke které jsou připočteny dvě směrodatné odchylky a slouží k vyjádření velikosti aktivity svalu v průběhu pohybu), kde klidovou aktivitu pro účely měření představoval klidový stoj.

4.3.3 Zpracování a vyhodnocení EMG signálu

Klidová svalová aktivita byla u každého probanda normativní hodnotou pro zhodnocení míry aktivace námi měřených svalů. Tuto klidovou aktivitu jsme získali při měření klidného vzpřímeného stoje o délce 30 sekund. Pro vyhodnocení EMG signálu

byl použit program EMG work analysis Deltys®. Surový EMG signál byl zesílen, filtrován a přenesen do digitální podoby. Záznam byl posléze rektifikován, vyhlazen v programu work analysis Deltys® a převeden do programu Microsoft Excel, ve kterém byly vypočítány aktivační hodnoty pro námi sledované svaly.

4.3.4 Statistické zpracování dat

Ke zpracování naměřených dat jsme použili program Statistica (verze 12.0., StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Tady byly určeny základní popisné parametry, konkrétně aritmetický průměr, meridián a směrodatná odchylka. K porovnání naměřených hodnot mezi experimentální a kontrolní skupinou před i po terapii, jsme použili Mann Whitney U test. Vliv rehabilitace u baletních tanečnicků byl vyhodnocen prostřednictvím Wilcoxonova párového testu. Hladina statistické významnosti byla určena na $p < 0,05$.

4.3.5 Fyzioterapeutická intervence

Na základě kineziologického rozboru byla u pacientů prováděna 6týdenní rehabilitační intervence. Délka jedné terapie byla přibližně 60 minut. Terapeutická jednotka se skládala ze dvou částí. První byla věnována manuálnímu ošetření oblasti nohy, dolních končetin a trupu prostřednictvím měkkých a mobilizačních technik (postizometrická relaxace, ischemická komprese, mobilizace kloubů, trakce). Následující část terapie byla zaměřena na aktivaci hlubokého stabilizačního systému, přičemž byly uplatněny koncepty Dynamické neuromuskulární stabilizace podle profesora Koláře a Bazální programy a podprogramy podle Jarmily Čákové, založené na neurofyziologických principech ontogenetického vývoje jedince. Při terapii bylo také přihlédnuto k aktuálním potížím konkrétního jedince.

5 VÝSLEDKY

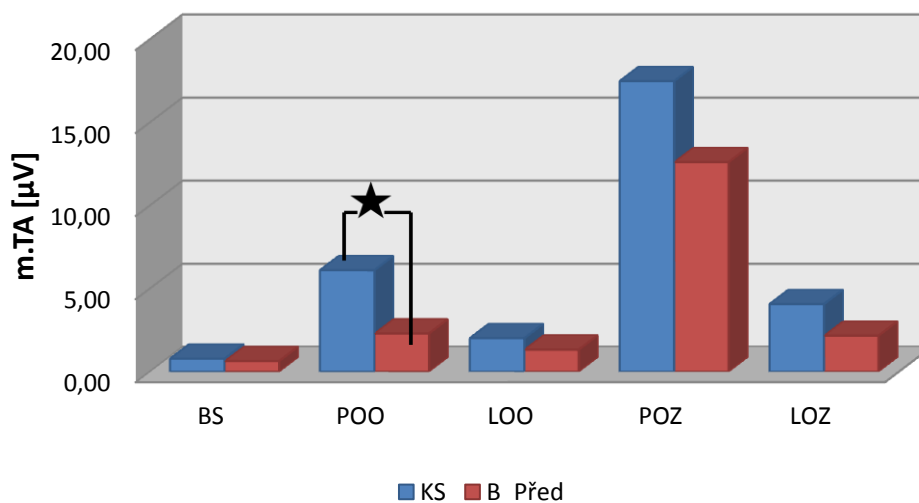
5.1 Výzkumná otázka č. 1

Výzkumná otázka č. 1 zní:

Liší se svalová aktivita vybraných svalů dolních končetin baletních tanečnicků oproti jedincům běžné populace při rozdílné posturální a balanční náročnosti?

5.1.1. Soubor baletních tanečnicků a tanečnic před terapií a kontrolní skupina

Pro m. tibialis anterior byl nalezen jak statisticky významný ($p = 0,003$), tak věcně významný rozdíl ($d = 1,08$) ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a skupinou kontrolní ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima. Věcně významný rozdíl ($d = 0,98$) se projevil také v klidném bipedálním stoji. U skupiny baletních tanečnicků před terapií došlo k naměření nižších hodnot svalové aktivity oproti kontrolní skupině.



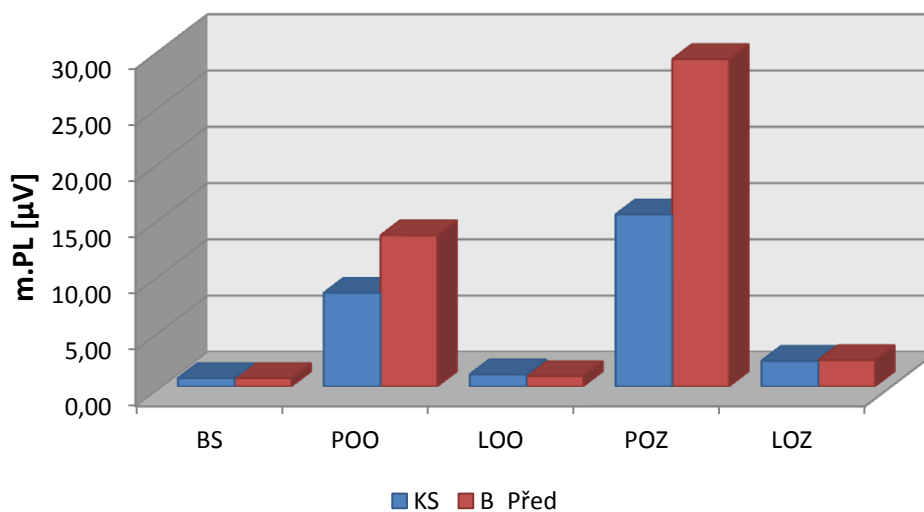
Obrázek 31. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. tibialis anterior (m. TA) při stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima mezi kontrolní skupinou (KS) a skupinou baletních tanečnicků a tanečnic před terapií (B_Před). BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 1. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. tibialis anterior.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,057	0,003	0,284	0,131	0,927
Cohenovo d	0,98	1,08	0,41	0,49	0,48

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. peroneus longus nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl ve svalové aktivitě u experimentální a kontrolní skupiny v žádném z uváděných typů stoje. Nalezli jsme však věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi skupinou baletních tanečnic před terapií a běžnou populací ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými (d = 0,66) i se zavřenými (d = 0,78) očima. U tohoto svalu jsme při stoji na pravé dolní končetině v obou situacích zaznamenali vyšší svalovou aktivitu u baletních tanečnic.



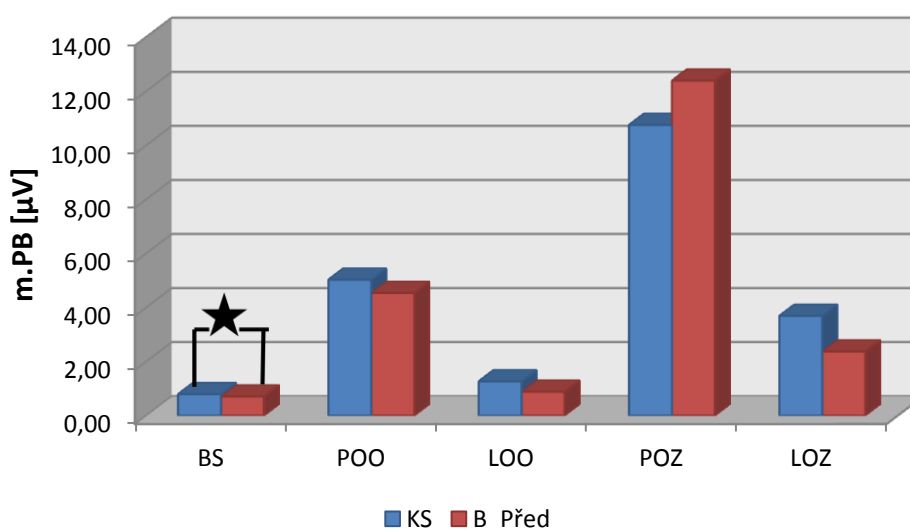
Obrázek 32. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. peroneus longus (m.PL) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečnic a tanečnic před terapií (B_Před) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 2. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. peroneus longus.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,976	0,522	0,693	0,257	0,257
Cohenovo d	0,02	0,66	0,33	0,78	0,02

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. peroneus brevis byl nalezen jak statisticky významný ($p = 0,018$), tak věcně významný rozdíl ($d = 0,91$) ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a kontrolní skupinou v klidném bipedálním stoju. U těchto dvou zkoumaných souborů jsme našli věcně významný rozdíl ($d = 0,67$) ve svalové aktivitě při stoju na levé dolní končetině s otevřenými očima. U skupiny baletních tanečnic došlo k naměření nižších hodnot svalové aktivity oproti běžné populaci, vyjma stoji na pravé dolní končetině se zavřenými očima.



Obrázek 33. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. peroneus brevis (m. PB) při klidném bipedálním stoju mezi kontrolní skupinou (KS) a skupinou baletních tanečnic a tanečnic před terapií (B_Před). BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými

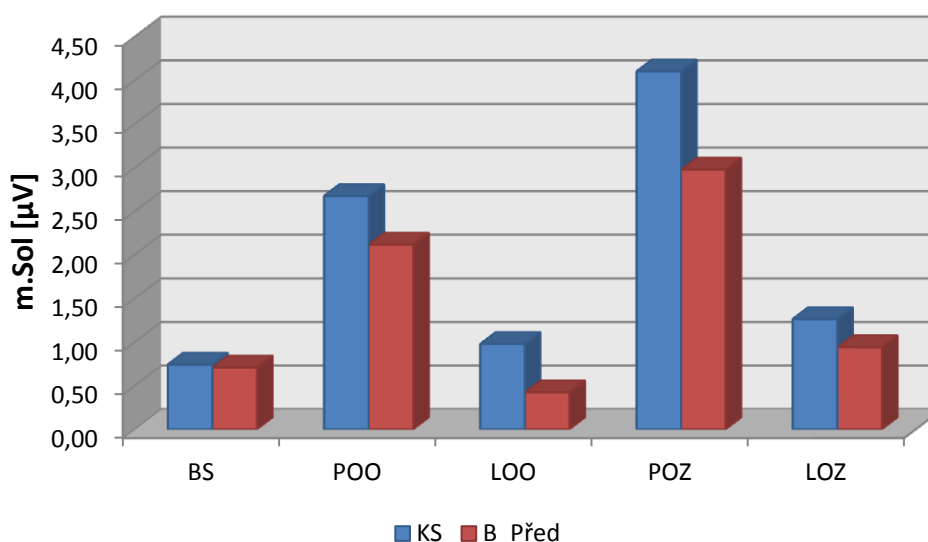
oči, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 3. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. peroneus brevis.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,018	0,483	0,343	0,976	0,693
Cohenovo d	0,91	0,20	0,67	0,24	0,32

Legenda: *BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.*

U svalů m. soleus, m. gastrocnemius lateralis a m. gastrocnemius medialis jsme nenalezli žádný statisticky významný rozdíl ve velikosti svalové aktivity. Byl však zaznamenán věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě pro m. soleus v bipedálním postoji ($d = 0,55$) a ve postoji na levé dolní končetině s otevřenými očima ($d = 0,57$), přičemž aktivita m. soleus byla větší u kontrolní skupiny pro oba dva případy.

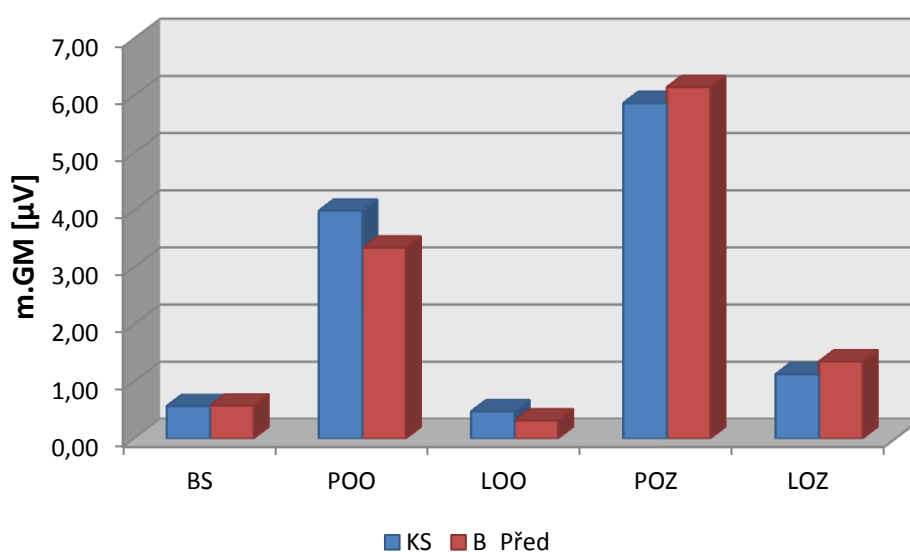


Obrázek 34. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. soleus (m. SOL) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic před terapií (B_Před) v jednotlivých typech stoje. *BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.*

Tabulka 4. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. soleus.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,324	0,695	0,431	0,744	0,431
Cohenovo d	0,55	0,43	0,57	0,48	0,15

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.



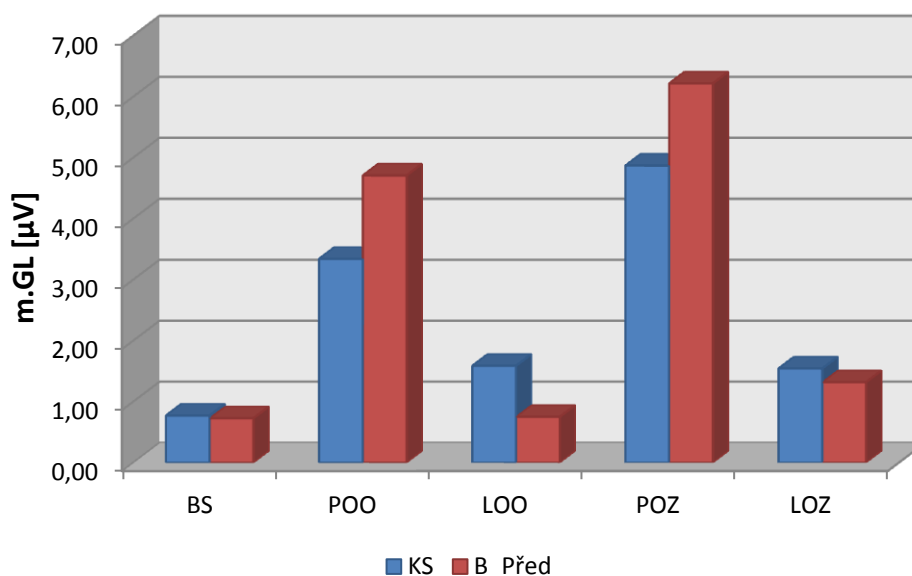
Obrázek 35. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. gastrocnemius medialis (m. GM) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic před terapií (B_Před) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 5. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. gastrocnemius medialis.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,976	0,376	0,605	0,563	0,605
Cohenovo d	0,07	0,20	0,45	0,04	0,10

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro *m. gastrocnemius lateralis* jsme našli věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě při stoji na pravé ($d = 0,61$) i levé ($d = 0,62$) dolní končetině s otevřenými očima.



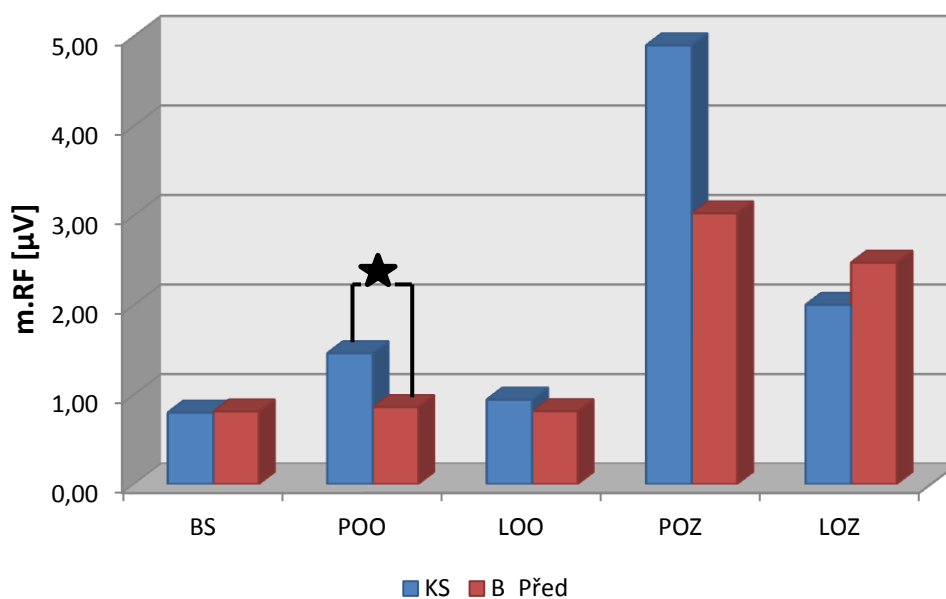
Obrázek 36. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity *m. gastrocnemius lateralis* (*m. GL*) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic před terapií (B_Před) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 6. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity *m. gastrocnemius lateralis*.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,410	0,257	0,232	0,648	0,784
Cohenovo d	0,46	0,61	0,62	0,41	0,16

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. rectus femoris byl nalezen jak statisticky významný ($p = 0,042$), tak věcně významný rozdíl ($d = 1,01$) ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a skupinou kontrolní ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima. Věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě byl patrný také při stoji na levé dolní končetině s otevřenými očima ($d = 0,61$) a při stoji na pravé dolní končetině se zavřenými očima ($d = 0,59$). Ve všech třech případech byla vyšší svalová aktivita u skupiny běžné populace.



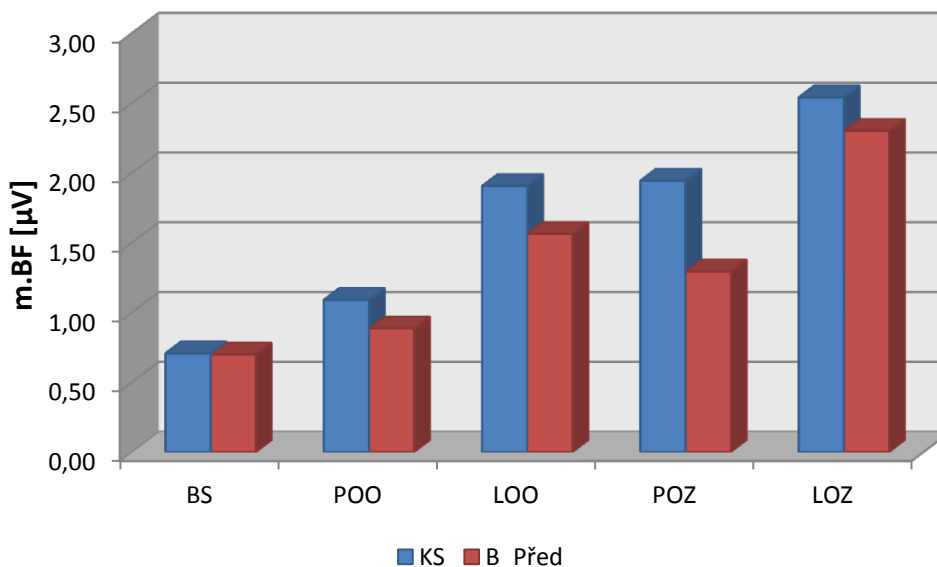
Obrázek 37. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu ve svalové aktivitě m. rectus femoris (m.RF) mezi kontrolní skupinou (KS) a skupinou baletních tanečníků a tanečnic před terapií (B_Před) ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 7. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. rectus femoris.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,410	0,042	0,343	0,077	0,410
Cohenovo d	0,35	1,01	0,61	0,59	0,16

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. biceps femoris nebyl nalezen žádný statisticky ani věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě u experimentální a kontrolní skupiny v žádném z uváděných typů stoje.



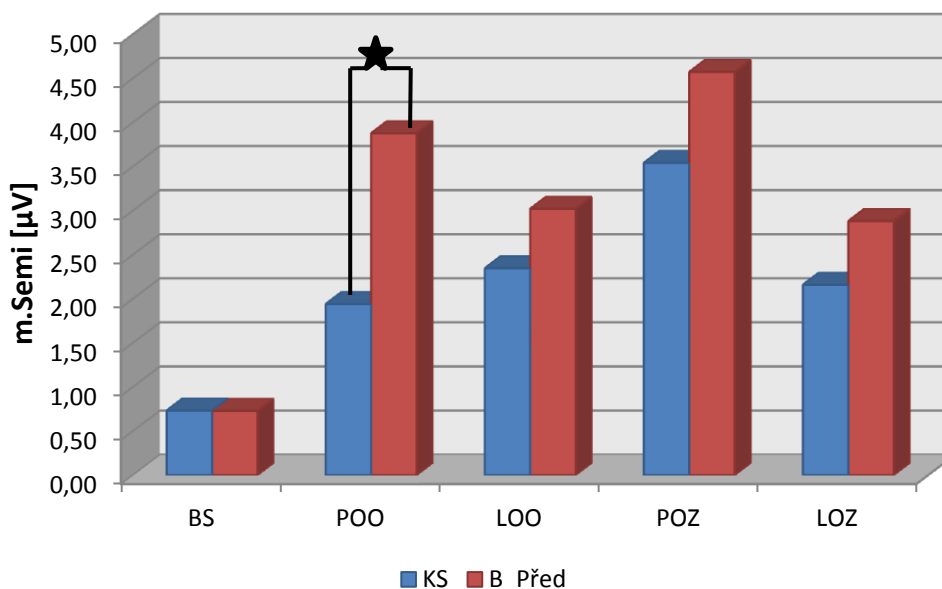
Obrázek 38. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. biceps femoris (m. BF) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečnic před terapií (B_Před) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 8. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. biceps femoris.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,563	0,976	0,522	0,648	0,343
Cohenovo d	0,07	0,20	0,18	0,34	0,08

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. semitendinosus byl nalezen jak statisticky významný ($p = 0,042$), tak věcně významný rozdíl ($d = 0,88$) ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a skupinou kontrolní ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima. Svalová aktivita byla vyšší u skupiny baletních tanečníků.



Obrázek 39. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. semitendinosus (m. SEMI) při stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima mezi kontrolní skupinou (KS) a skupinou baletních tanečníků a tanečnic před terapií (B_Před). BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 9. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. gastrocnemius lateralis.

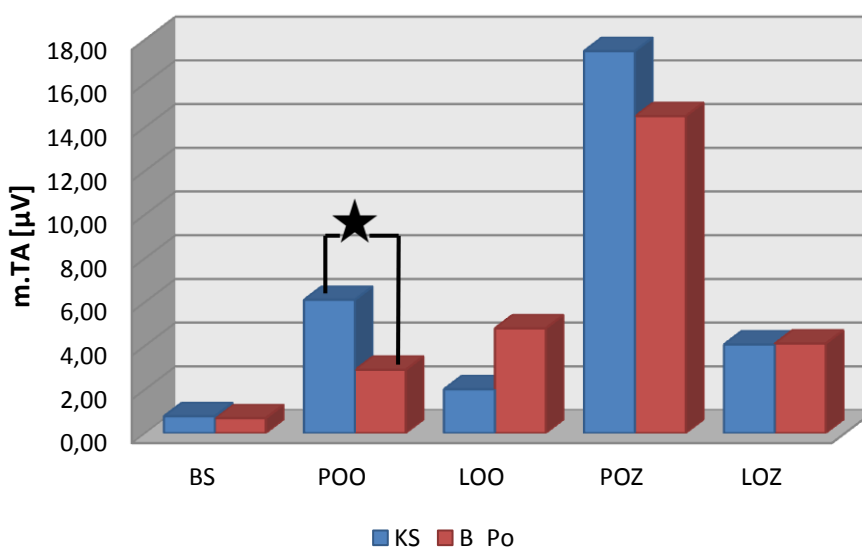
	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,879	0,042	0,410	0,208	0,131
Cohenovo d	0,04	0,88	0,25	0,28	0,27

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Podle našich výsledků je u baletních tanečnicků a tanečnic před terapií při stožení na pravé dolní končetině s otevřenými očima větší svalová aktivita m. semitendinosus než u běžné populace. Z výsledků také vyplývá, že při stožení na pravé dolní končetině s otevřenými očima byla svalová aktivita m. tibialis anterior a m. rectus femoris větší u běžné populace než u profesionálních baletních tanečnicků a tanečnic před terapií. V klidném bipedálním stožení byla větší svalová aktivita mezi těmito skupinami také u běžné populace, konkrétně u m. peroneus brevis a m. tibialis anterior.

5.1.2 Soubor baletních tanečnicků a tanečnic po terapii a kontrolní skupina

Pro m. tibialis anterior byl nalezen jak statisticky významný ($p = 0,008$), tak věcně významný rozdíl ($d = 0,90$) ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou po terapii a kontrolní skupinou ve stožení na pravé dolní končetině s otevřenými očima. U tohoto svalu byla vyšší svalová aktivita u skupiny běžné populace. Mezi experimentální skupinou po terapii a běžnou populací byl patrný také věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě při bipedálním stožení ($d = 0,76$) a při stožení na levé dolní končetině s otevřenými očima ($d = 0,78$). Při bipedálním stožení byla vyšší svalová aktivita u běžné populace a při stožení na levé dolní končetině s otevřenými očima byla vyšší svalová aktivita u skupiny baletních tanečnicků.



Obrázek 40. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. tibialis anterior (m. TA) při stožení na pravé dolní končetině s otevřenými očima mezi kontrolní skupinou (KS)

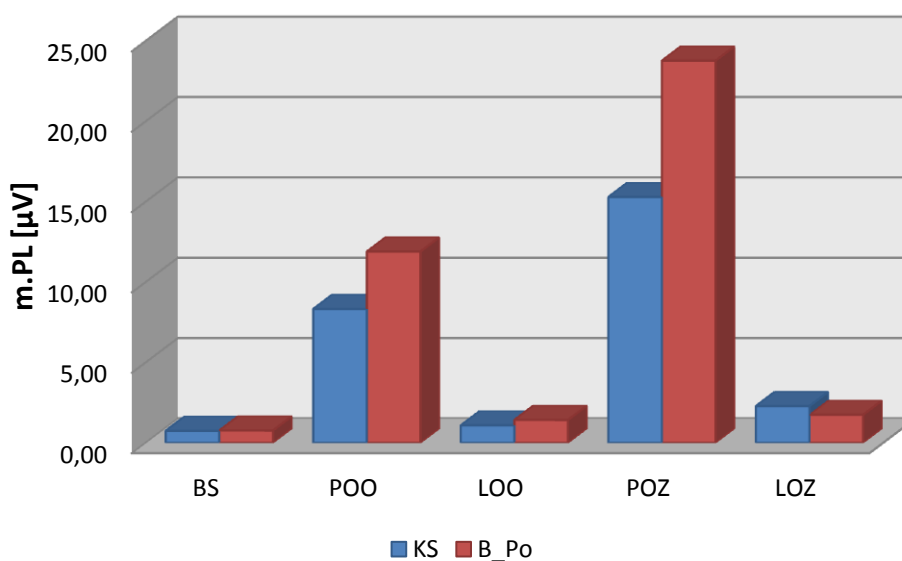
a skupinou baletních tanečníků a tanečnic po terapii (B_Po). BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 10. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. tibialis anterior.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,057	0,008	0,343	0,648	0,284
Cohenovo d	0,76	0,90	0,78	0,32	0,01

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. peroneus longus nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou v žádném z uváděných typů stoje. Byl však přítomen věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě při stoji na pravé dolní končetině s otevřenými ($d = 0,56$) i se zavřenými ($d = 0,65$) očima. Svalová aktivita byla vyšší u kontrolní skupiny.



Obrázek 41. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. peroneus longus (m. PL) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic po rehabilitační intervenci (B_Po)

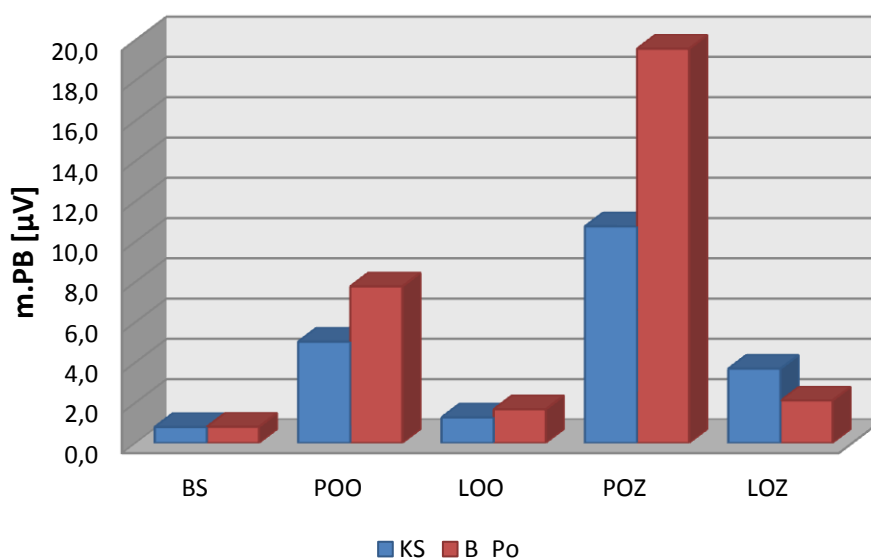
v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 11. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. peroneus longus.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,784	0,410	0,648	0,313	0,784
Cohenovo d	0,24	0,56	0,26	0,65	0,20

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. peroneus brevis nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou po terapii a skupinou kontrolní v žádném z námi hodnocených typů stoje. Byl zjištěn věcně významný rozdíl ($d = 0,70$) ve svalové aktivitě při stoji na pravé dolní končetině se zavřenými očima. Svalová aktivita byla vyšší u skupiny baletních tanečnic po terapii.



Obrázek 42. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. peroneus brevis (m. PB) v různých typech stoje u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečnic a tanečnic po terapii (B_Po).

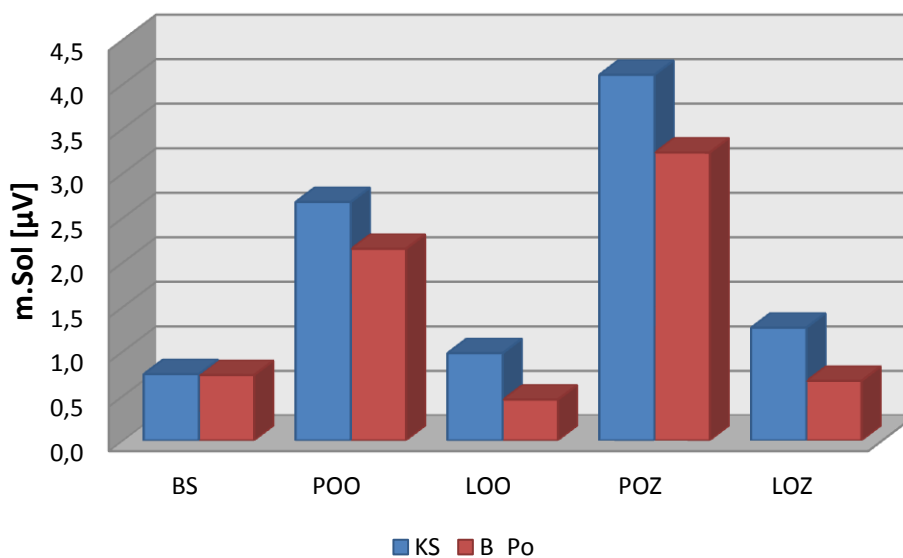
BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 12. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. peroneus brevis.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	1,000	0,522	0,648	0,208	0,738
Cohenovo d	0,24	0,49	0,41	0,70	0,39

Legenda: *BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.*

U svalů m. soleus, m. gastrocnemius lateralis a m. gastrocnemius medialis jsme nenalezli žádné statisticky významné rozdíly ve velikosti svalové aktivity. U m. soleus byl věcně významný rozdíl ($d = 0,54$) ve svalové aktivitě při stoji na levé dolní končetině s otevřenými očima. Byla naměřena vyšší svalová aktivita m. soleus u kontrolní skupiny.



Obrázek 43. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. soleus (m. SOL) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS –

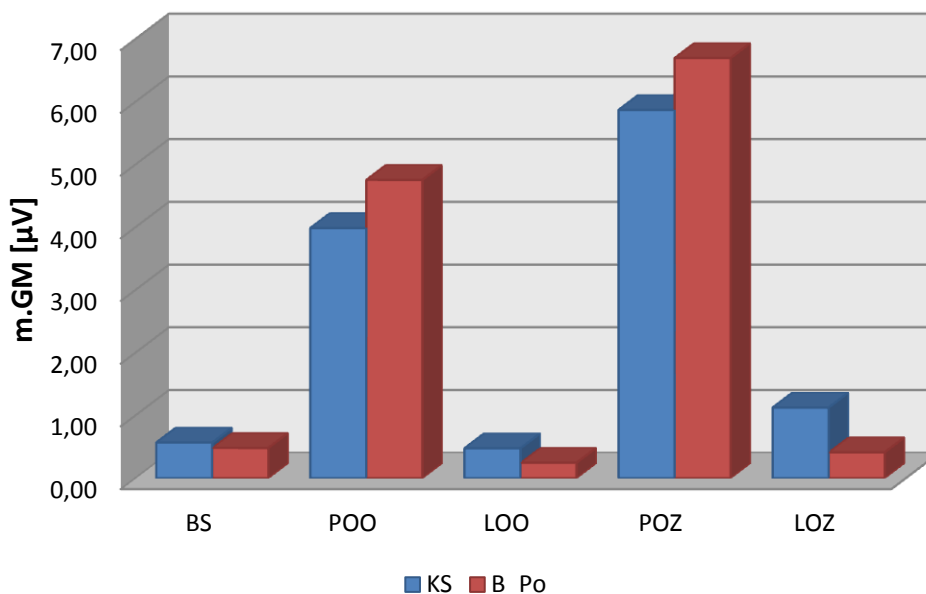
bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 13. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. soleus.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,976	0,563	0,446	0,738	0,832
Cohenovo d	0,16	0,38	0,54	0,34	0,29

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

U m. gastrocnemius medialis jsme našli věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě při bipedálním stoji ($d = 0,65$) a při stoji na levé dolní končetině s otevřenými ($d = 0,68$) a se zavřenými ($d = 0,53$) očima. Svalová aktivita byla vyšší u skupiny běžné populace ve všech třech případech.



Obrázek 44. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. gastrocnemius medialis (m. GM) u kontrolní skupiny (KS) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé

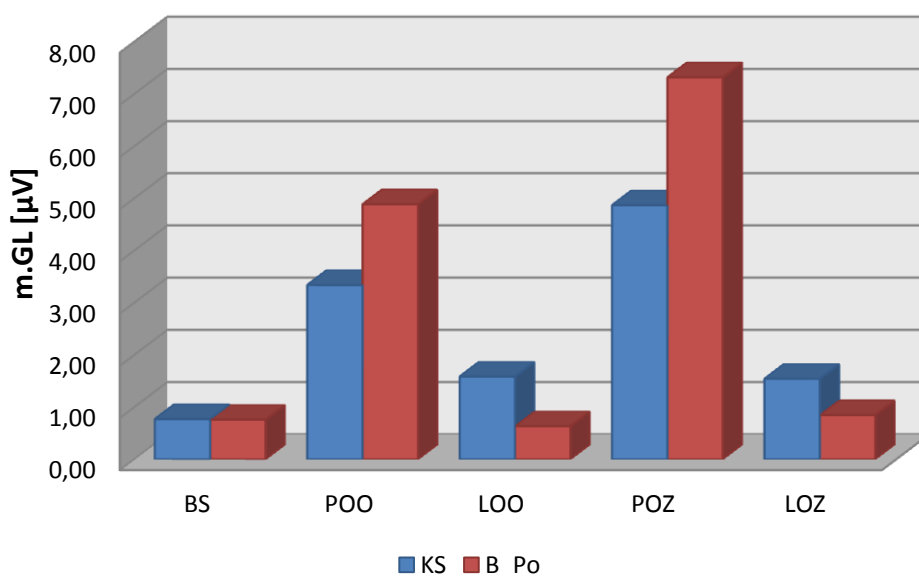
DK s otevřenýma očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenýma očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenýma očima.

Tabulka 14. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. gastrocnemius medialis.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,148	0,738	0,313	0,784	0,313
Cohenovo d	0,65	0,17	0,68	0,14	0,53

Legenda: *BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenýma očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenýma očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenýma očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenýma očima.*

U m. gastrocnemius lateralis jsme našli věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě při stoji na pravé dolní končetině s otevřenýma ($d = 0,56$) i se zavřenýma ($d = 0,75$) očima. Zde byla vyšší svalová aktivita u skupiny baletních tanečnicků. Věcně významné rozdíly ve svalové aktivitě byly také ve stoji na levé dolní končetině s otevřenýma ($d = 0,71$) i se zavřenýma ($d = 0,52$) očima. Ve stoji na levé dolní končetině byla naměřena vyšší svalová aktivita u běžné populace.



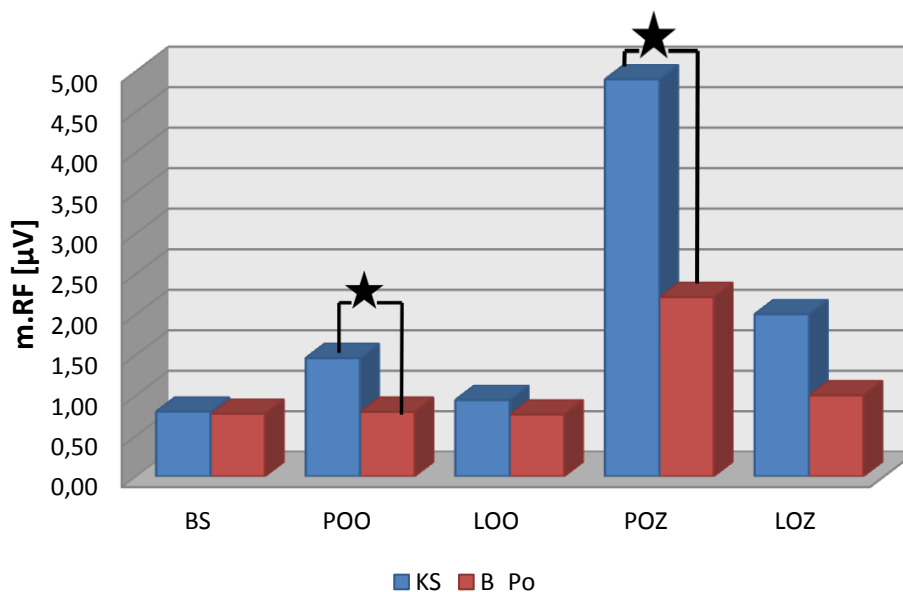
Obrázek 45. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity *m. gastrocnemius lateralis* (*m. GL*) u kontrolní skupiny KS) a skupiny baletních tanečnicků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenýma očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenýma očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenýma očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenýma očima.

Tabulka 15. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity *m. gastrocnemius lateralis*.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,446	0,563	0,088	0,186	0,483
Cohenovo d	0,15	0,56	0,71	0,75	0,52

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenýma očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenýma očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenýma očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenýma očima.

Mezi experimentální skupinou po terapii a skupinou kontrolní byly pro *m. rectus femoris* nalezeny jak statisticky, tak věcně významné rozdíly ve svalové aktivitě při stoji na pravé dolní končetině a s otevřenýma ($p = 0,030$; $d = 1,09$) i se zavřenýma ($p = 0,006$; $d = 0,94$) očima. Věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi těmito skupinami byl také při stoji na levé dolní končetině s otevřenýma očima ($d = 0,74$). Svalová aktivita byla větší u skupiny běžné populace.



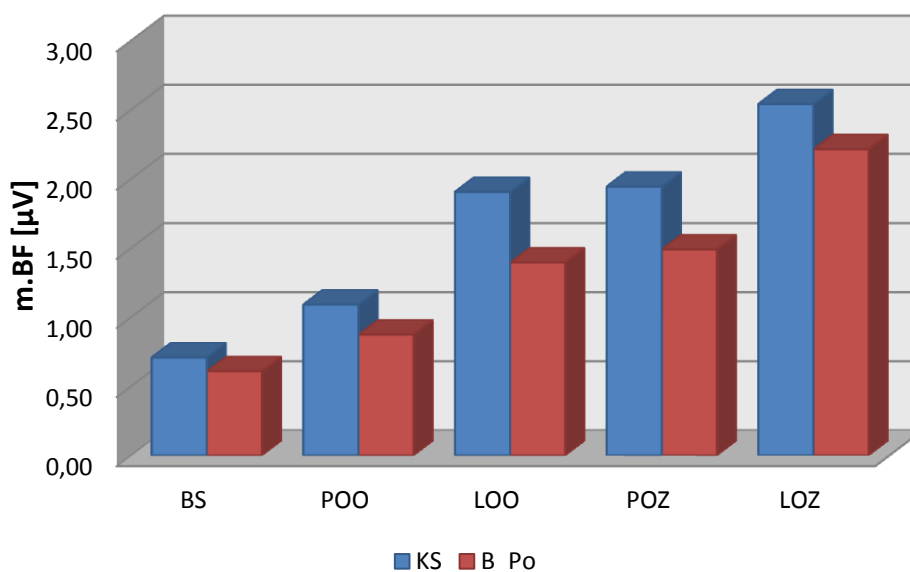
Obrázek 46. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě *m. rectus femoris* (*m. RF*) mezi kontrolní skupinou (*KS*) a skupinou baletních tanečníků a tanečnic po terapii (*B_Po*) ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými a se zavřenými očima. *BS* – bipedální stoj, *POO* – stoj na pravé DK s otevřenými očima, *LOO* – stoj na levé DK s otevřenými očima, *POZ* – stoj na pravé DK se zavřenými očima, *LOZ* – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 16. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity *m. rectus femoris*.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,832	0,030	0,088	0,006	0,648
Cohenovo d	0,34	1,09	0,74	0,94	0,38

Legenda: *BS* – bipedální stoj, *POO* – stoj na pravé DK s otevřenými očima, *LOO* – stoj na levé DK s otevřenými očima, *POZ* – stoj na pravé DK se zavřenými očima, *LOZ* – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro *m. biceps femoris* nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou v žádném z uváděných typů stoje. Mezi těmito skupinami jsme vyhodnotili věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě ($d = 0,69$) při bipedálním stoji. U skupiny baletních tanečníků po terapii byly naměřeny nižší hodnoty svalové aktivity oproti kontrolní skupině.



Obrázek 47. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity *m. biceps femoris* (*m. BF*) u kontrolní skupiny (*KS*) a skupiny baletních tanečnicků a tanečnic po terapii (*B_Po*) v jednotlivých typech stoje. *BS* – bipedální stoj, *POO* – stoj na pravé *DK* s otevřenýma očima, *LOO* – stoj na levé *DK* s otevřenýma očima, *POZ* – stoj na pravé *DK* se zavřenýma očima, *LOZ* – stoj na levé *DK* se zavřenýma očima.

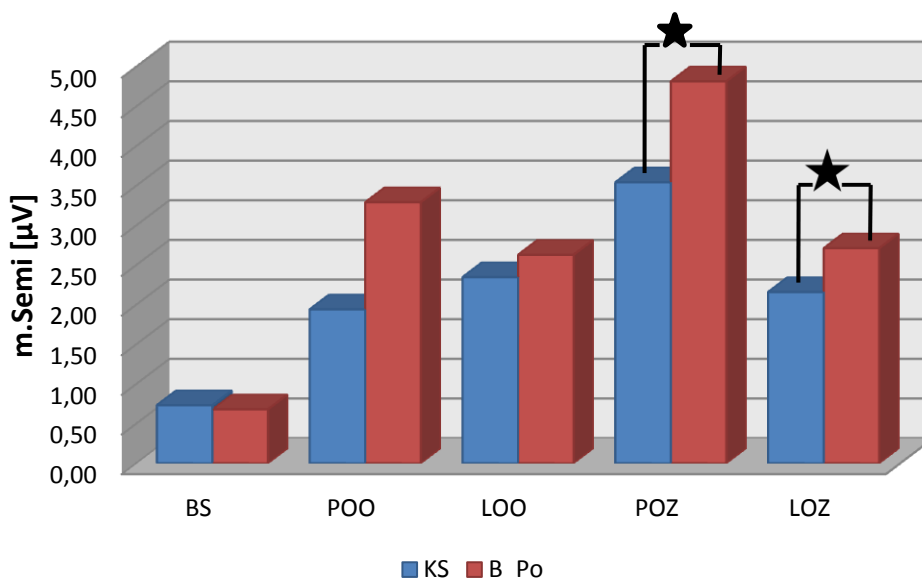
Tabulka 17. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity *m. biceps femoris*.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,077	0,522	0,376	0,605	0,343
Cohenovo d	0,69	0,20	0,29	0,23	0,12

Legenda: *BS* – bipedální stoj, *POO* – stoj na pravé *DK* s otevřenýma očima, *LOO* – stoj na levé *DK* s otevřenýma očima, *POZ* – stoj na pravé *DK* se zavřenýma očima, *LOZ* – stoj na levé *DK* se zavřenýma očima.

Pro *m. semitendinosus* byly nalezeny statisticky významné rozdíly ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou po terapii a skupinou kontrolní ve stoji na pravé ($p = 0,049$) i levé ($p = 0,042$) dolní končetině se zavřenýma očima. Věcně významné rozdíly ve svalové aktivitě byly zaznamenány v bipedálním stoji ($d = 0,58$) a ve stoji

na pravé dolní končetině s otevřenými očima ($d = 0,62$). U m. semitendinosus jsme při bipedálním stoju naměřili vyšší svalovou aktivitu u kontrolní skupiny. V ostatních typech stoje byly vyšší hodnoty svalové aktivity u skupiny baletních tanečnic.



Obrázek 48. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. semitendinosus (m. SEMI) při stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima mezi kontrolní skupinou (KS) a skupinou baletních tanečnic a tanečnic po terapii (B_Po). BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 18. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. semitendinosus.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Mann Whitney U test - p	0,410	0,208	0,343	0,049	0,042
Cohenovo d	0,58	0,62	0,09	0,34	0,19

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Z výsledků vyplývá, že u naší experimentální skupiny je po terapii při stoji na pravé i levé dolní končetině se zavřenými očima větší svalová aktivita m. semitendinosus než

u běžné populace. Zjistili jsme, že při stožení na pravé dolní končetině s otevřenými očima byla svalová aktivita m. tibialis anterior a m. rectus femoris větší u běžné populace než u profesionálních baletních tanečníků a tanečnic po terapii. Ve stožení na pravé dolní končetině se zavřenými očima byla větší svalová aktivita m. rectus femoris u běžné populace.

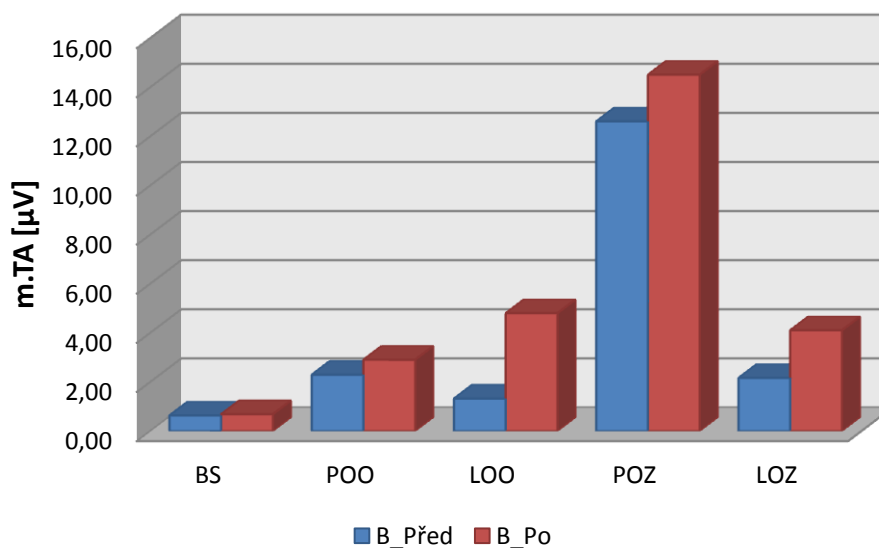
5.2 Výzkumná otázka č. 2

Výzkumná otázka č. 2 zní:

Liší se svalová aktivita vybraných svalů dolních končetin u profesionálních baletních tanečnicků před a po terapii?

5.2.1 Skupina baletních tanečnicků a tanečnic před terapií a po terapii

Pro m. tibialis anterior nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a toutéž skupinou po terapii v žádném z hodnocených typů stoje. Nalezli jsme však věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě při stoji na levé dolní končetině s otevřenýma (d = 0,96) i se zavřenýma (d = 0,78) očima. Vyšší svalovou aktivitu jsme zaznamenali u baletních tanečnicků po absolvování rehabilitace.



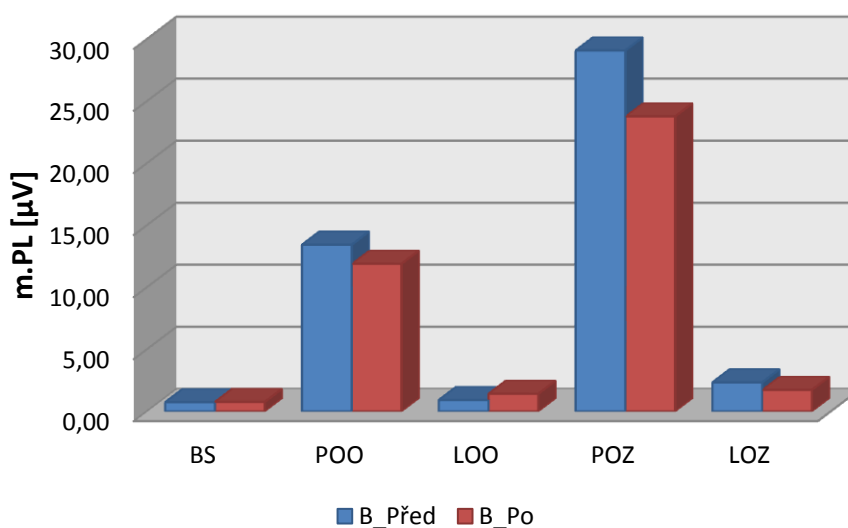
Obrázek 49. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. tibialis anterior (m. TA) u skupiny baletních tanečnicků a tanečnic před terapií (B_Před) a skupiny baletních tanečnicků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenýma očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenýma očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenýma očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenýma očima.

Tabulka 19. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. tibialis anterior.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,646	0,386	0,114	0,508	0,241
Cohenovo d	0,29	0,40	0,96	0,20	0,78

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. peroneus longus nebyly nalezeny statisticky ani věcně významné rozdíly ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a toutéž skupinou po terapii v žádném z hodnocených typů stoje.



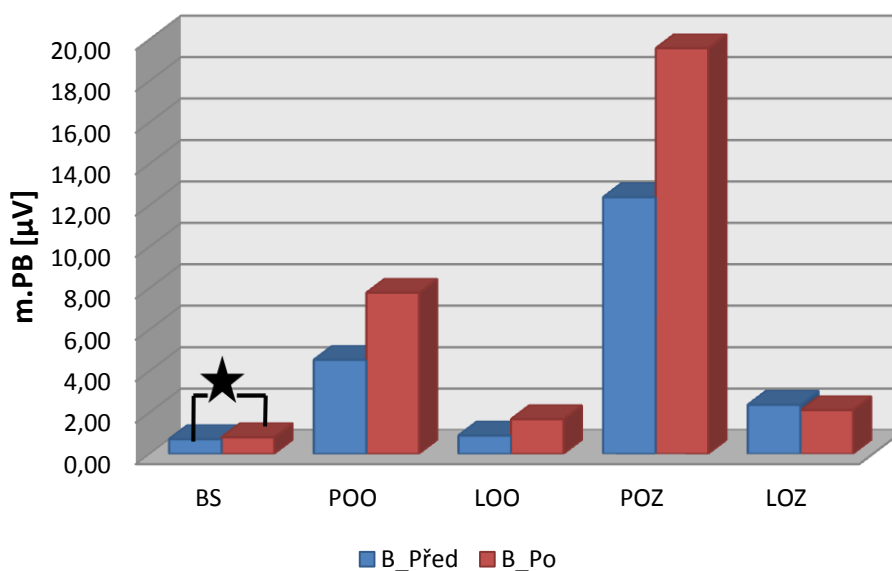
Obrázek 50. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. peroneus longus (m. PL) u skupiny baletních tanečníků a tanečnic před terapií (B_Před) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 20. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity *m. peroneus longus*.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,959	0,721	0,878	0,333	0,386
Cohenovo d	0,23	0,16	0,38	0,24	0,33

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro *m. peroneus brevis* byl nalezen jak statisticky ($p = 0,037$), tak věcně ($d = 1,04$) významný rozdíl ve svalové aktivitě mezi experimentální skupinou před terapií a toutéž skupinou po terapii v klidném bipedálním postoji. Věcně významný rozdíl ve svalové aktivitě byl také ve stoji na pravé ($d = 0,53$) i levé ($d = 0,88$) dolní končetině s otevřenými očima. Ve všech třech případech jsme naměřili vyšší hodnoty svalové aktivity u baletních tanečnic po absolvování rehabilitace.



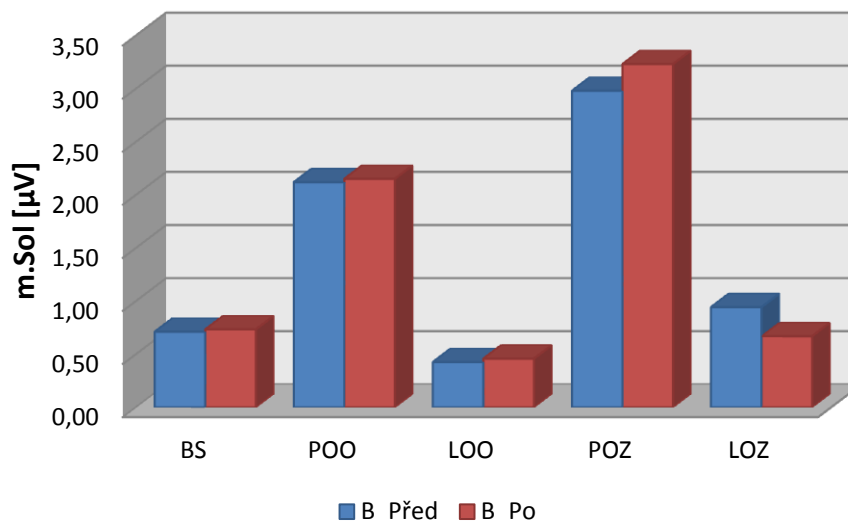
Obrázek 51. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě *m. peroneus brevis* mezi skupinou baletních tanečnic a tanečnic před terapií (*B_Před*) a skupinou baletních tanečnic a tanečnic po terapii (*B_Po*) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 21. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. peroneus brevis.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,037	0,203	0,093	0,386	0,508
Cohenovo d	1,04	0,53	0,88	0,50	0,13

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

U svalů m. soleus a m. gastrocnemius lateralis jsme nenalezli žádný statisticky významný rozdíl ve velikosti svalové aktivity ve skupině baletních tanečnic před a po terapii v žádném z hodnocených typů stoji. Byl však patrný věcně významný rozdíl ($d = 0,63$) ve svalové aktivitě při stoji na levé dolní končetině se zavřenými očima. Svalová aktivita v tomto stoji byla nižší u skupiny baletních tanečnic po absolvování rehabilitace.

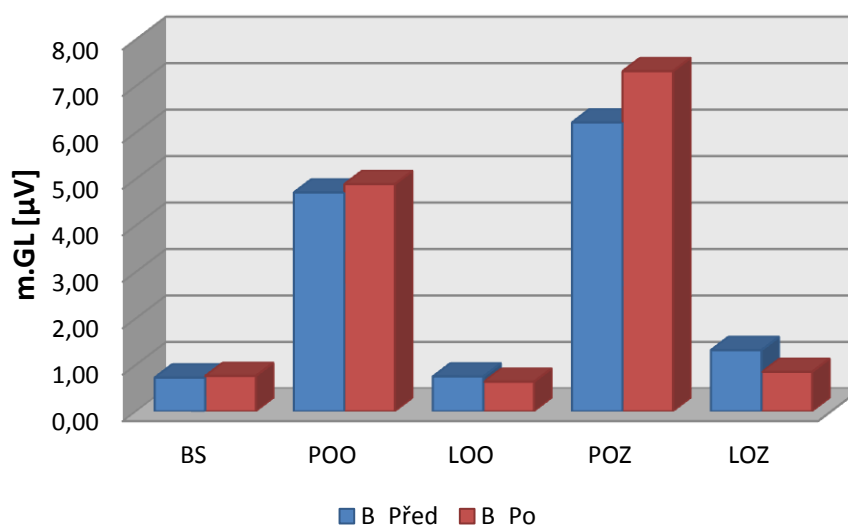


Obrázek 52. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. soleus u skupiny baletních tanečnic a tanečnic před terapií (B_Před) a skupiny baletních tanečnic a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoji. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 22. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. soleus.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,859	0,314	0,953	0,374	0,214
Cohenovo d	0,27	0,03	0,13	0,15	0,36

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.



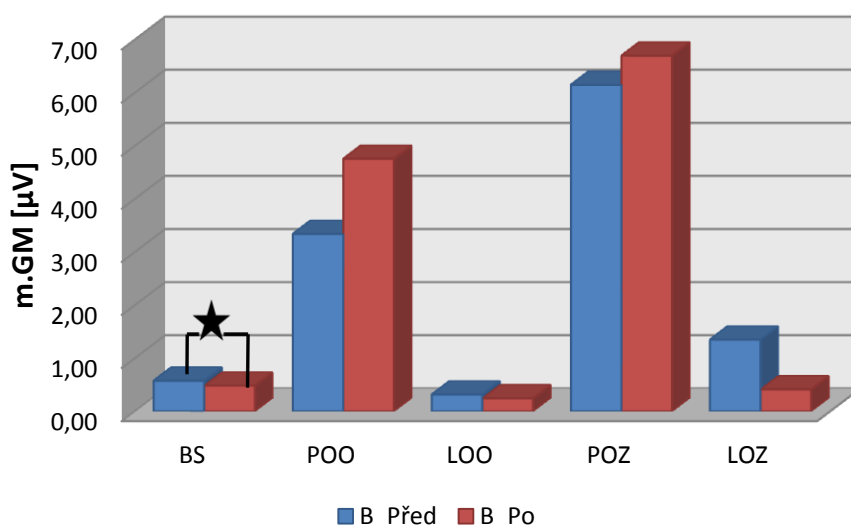
Obrázek 53. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. gastrocnemius lateralis (m. GL) u skupiny baletních tanečnicků a tanečnic před terapií (B_Před) a skupiny baletních tanečnicků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 23. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. gastrocnemius lateralis

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,799	0,959	0,799	0,445	0,169
Cohenovo d	0,34	0,05	0,42	0,26	0,63

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. gastrocnemius medialis byl nalezen statisticky ($p = 0,047$) i věcně ($d = 0,74$) významný rozdíl ve svalové aktivitě u experimentální skupiny před a po terapii v klidném bipedálním stoju s otevřenými očima. U baletních tanečnic jsme naměřili snížení svalové aktivity po absolvování rehabilitace.



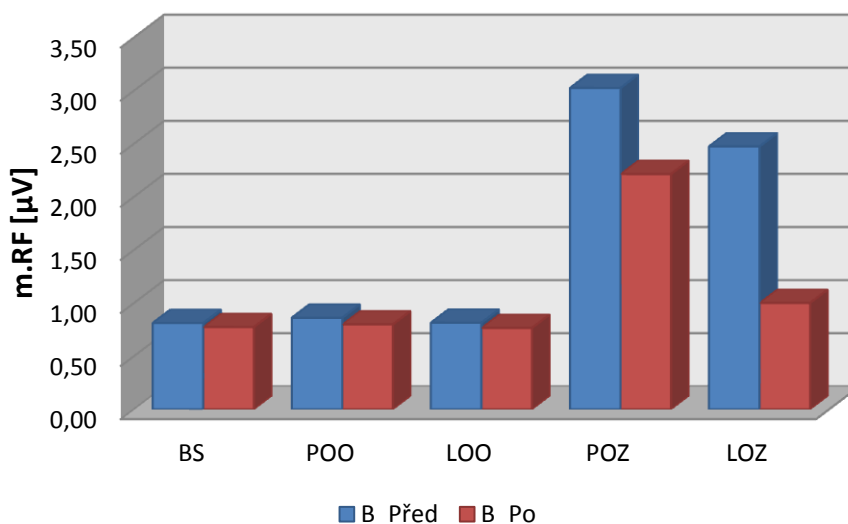
Obrázek 54. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. gastrocnemius medialis mezi skupinou baletních tanečnic před terapií (B_Před) a skupinou baletních tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 24. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. gastrocnemius lateralis.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,047	0,285	0,333	0,646	0,114
Cohenovo d	0,74	0,30	0,32	0,08	0,46

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Ve svalové aktivitě m. rectus femoris jsme nenalezli žádný statisticky významný rozdíl ve velikosti svalové aktivity ve skupině baletních tanečnicků a tanečnic před a po terapii v žádném z hodnocených typů stoje. Ve stoji na levé dolní končetině se zavřenými očima byl zaznamenán věcně významný rozdíl ($d = 0,90$) ve svalové aktivitě před a po rehabilitaci u skupiny baletních tanečnicků. Po absolvování terapie došlo ke snížení svalové aktivity m. rectus femoris.



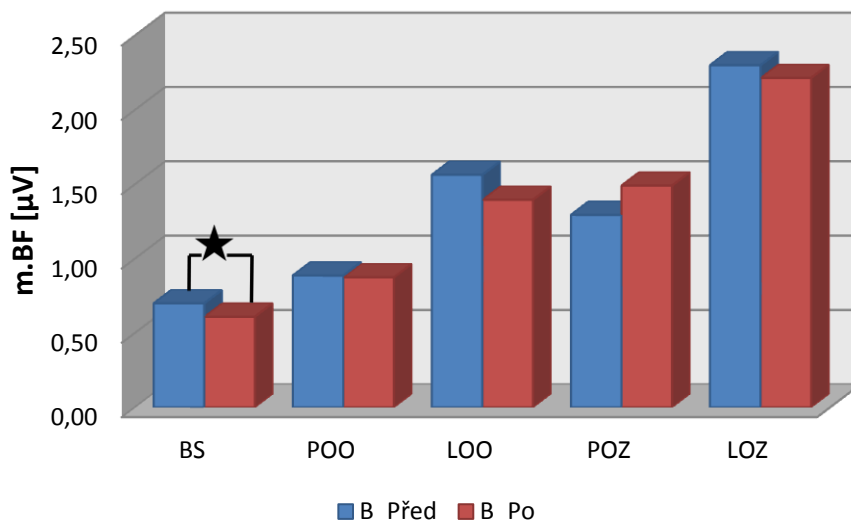
Obrázek 55. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity m. rectus femoris (m. RF) u skupiny baletních tanečnicků a tanečnic před terapií (B_Před) a skupiny baletních tanečnicků a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 25. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. rectus femoris.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,959	0,959	0,575	0,721	0,093
Cohenovo d	0,46	0,29	0,24	0,34	0,90

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Pro m. biceps femoris byl nalezen jak statisticky ($p = 0,022$), tak věcně významný ($d = 0,72$) rozdíl ve svalové aktivitě u experimentální skupiny před a po terapii v klidném bipedálním stoji.



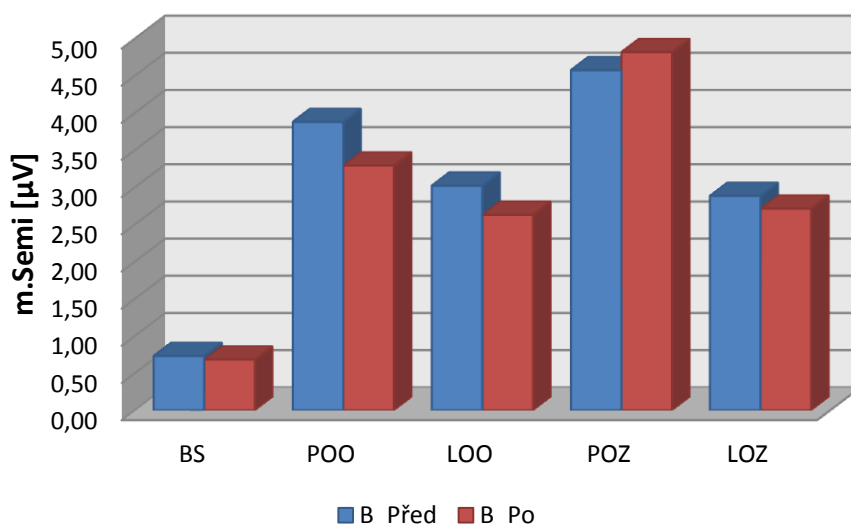
Obrázek 56. Grafické znázornění statisticky významného rozdílu v aktivitě m. biceps femoris (m. BF) mezi skupinou baletních tanečnic před terapií (B_Před) a skupinou baletních tanečnic a tanečnic po terapii (B_Po) v jednotlivých typech stoje. BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 26. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity m. rectus femoris.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,022	0,333	0,508	0,646	0,878
Cohenovo d	0,72	0,02	0,09	0,16	0,03

Legenda: BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé DK s otevřenými očima, LOO – stoj na levé DK s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé DK se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Ve svalové aktivitě m. semitendinosus jsme nenalezli žádný statisticky či věcně významný rozdíl ve velikosti svalové aktivity ve skupině baletních tanečnic a tanečnic před a po terapii v žádném z hodnocených typů stoje.



Obrázek 57. Grafické znázornění velikosti svalové aktivity *m. semitendinosus* (*m. SEMI*) u skupiny baletních tanečníků a tanečnic před terapií (*B_Před*) a skupiny baletních tanečníků a tanečnic po terapii (*B_Po*) v jednotlivých typech stoje. *BS* – bipedální stoj, *POO* – stoj na pravé DK s otevřenými očima, *LOO* – stoj na levé DK s otevřenými očima, *POZ* – stoj na pravé DK se zavřenými očima, *LOZ* – stoj na levé DK se zavřenými očima.

Tabulka 27. Statistická a věcná významnost u svalové aktivity *m. m. semitendinosus*.

	BS	POO	LOO	POZ	LOZ
Wilcoxon - p	0,114	0,203	0,203	0,959	0,386
Cohenovo d	0,48	0,23	0,13	0,08	0,07

Legenda: *BS* – bipedální stoj, *POO* – stoj na pravé DK s otevřenými očima, *LOO* – stoj na levé DK s otevřenými očima, *POZ* – stoj na pravé DK se zavřenými očima, *LOZ* – stoj na levé DK se zavřenými očima.

U skupiny baletních tanečníků jsme zaznamenali pokles svalové aktivity po rehabilitaci u *m. gastrocnemius medialis* a *m. biceps femoris* v bipedálním stoji a u *m. rectus femoris* při stoji na levé dolní končetině se zavřenými očima.

Naopak ke zvýšení svalové aktivity po rehabilitaci došlo u *m. tibialis anterior* ve stoji na levé dolní končetině s otevřenými očima a u *m. peroneus brevis* v bipedálním stoji a ve stoji na levé dolní končetině s otevřenými očima.

6 DISKUZE

K zajištění vzpřímeného stoje či jakékoliv jiné pozice těla je nutná integrace somatosenzorických vstupů z proprioreceptorů, vestibulárního a zrakového aparátu, která vede k optimálnímu, pro konkrétní situaci vhodnému zapojení svalového aparátu. Pro udržení vzpřímené polohy těla je nutná vyvážená svalová souhra mezi jednotlivými, často antagonistickými skupinami. Tato dokonalá svalová synergie umožňuje tanečnickům udržet stabilitu těla v obtížných baletních pozicích, bez narušení požadované plynulosti pohybu a přesnosti provedení v baletním tanci.

Balet vyžaduje výraznou svalovou sílu, koordinaci a přesnost pohybů. Zejména z estetických důvodů je také vyžadována až nadměrná flexibilita, kdy se často setkáváme s preferencí hypermobility, především u začínajících baletek (Clippinger, 2007; Foley & Bird, 2013). Často jsou požadavky kladené na maximální možné rozsahy pohybu v jednotlivých kloubech nespílitelné. Množství baletních tanečníků a tanečnic není schopno těchto nadměrných rozsahů dosáhnout, a tak často nevědomě volí kompenzační strategie, které tak mohou negativně ovlivnit jejich ligamentózní a svalový aparát, což může vést k opotřebením a následnému vzniku úrazů (Clippinger, 2007).

Pro balet je charakteristické provádění tanečních pozic na špičkách (*en pointe*) a pološpičkách (*demi-pointe*) a téměř všudypřítomné zevně rotační postavení v kyčelních kloubech (Clippinger, 2007). A protože svalový aparát je systém, který je výrazně ovlivňován tréninkem, který tanečníci absolvují denně v několikahodinových lekcích, můžeme předpokládat rozdílnou aktivitu svalů dolních končetin ve srovnání s běžnou populací.

Při srovnání skupiny baletních tanečníků a tanečnic před i po individuální terapii se skupinou běžné populace (kontrolní skupina) jsme zjistili rozdíly EMG aktivity sledovaných svalů ve zkoumaných polohách. U kontrolní skupiny byla zjištěna obecně vyšší svalová aktivita téměř ve všech variantách stoje, mimo m. semitendinosus, kdy byla větší svalová aktivita u skupiny baletních tanečníků před i po terapii a m. gastrocnemius medialis et lateralis, kdy byla jejich svalová aktivita vyšší při stožení na pravé dolní končetině s otevřenými i se zavřenými očima. Baletní tanečníci ve srovnání s běžnou populací vykazují lepší schopnost balance (Hutt & Redding, 2014; Hugel et al., 1999; Kiefer et al., 2013; Schmit et al., 2005) a tedy nižší nároky na svalovou aktivitu pro zajištění posturální stability v náročnějších polohách. (Hugel et al., 1999; Kiefer et al., 2013). Baletní tanečníci

také vykonávají pohyb efektivněji a s menším svalovým úsilím (Krasnow, Ambegaonkar, Wilmerding, Stecyk, Koutedakis & Wyon, 2012). Baletní trénink je zaměřen na zdokonalování techniky, uvědomění si pohybu, kinestezii, orientaci těla v prostoru, orientaci na vlastním těle a balanci. Jako jeden z negativních důsledků takto náročného tréninku se u baletních tanečníků vyskytuje často oslabení nožních kleneb. Je tedy narušena architektura chodidla, která může být příčinou odlišné svalové aktivity svalů nohy ve srovnání s fyziologickou situací. To se může promítnout do proximálnějších segmentů těla (Clippinger, 2007).

V našem výzkumu jsme také zaznamenali zvýšenou svalovou aktivitu při změně vnějších podmínek u obou skupin. Došlo ke zvýšení svalové aktivity téměř všech námi měřených svalů dolních končetin při vyřazení zrakové kontroly, jak u skupiny baletních tanečníků před i po rehabilitaci, tak u skupiny kontrolní. Větší rozdíly ve svalové aktivitě byly nalezeny u skupiny baletních tanečníků před i po terapii. Ti tráví většinu svého několikahodinového tréninku před zrcadlem, což může vést ke zvýšení závislosti na zrakové kontrole. Při vyloučení zrakové kontroly je ovšem kladen větší důraz na schopnosti a stav hlubokého čítí a vestibulárního systému (Hutt & Redding, 2014), což může být benefitem při pohybu na jevišti, kdy osvětlení omezuje optickou složku zajištění balance. Srovnáním závislosti na propriocepci a vizuálních vjemech se zabýval Golomer et al. (1999b), který prokázal opačný fenomén. Zjistil, že baletní tanečníci jsou méně závislí na zraku a primárně se řídí informacemi z proprioceptorů (Golomer, Crémieux, Dupui, Isableu & Ohlmann, 1999b; Simmons, 2005b). Perrin et al. (2002) uvádí, že závislost na zrakové kontrole je ovlivněna prostředím a prováděnými úkony. Např. u hráčů ragby prokázal zvýšenou závislost na zraku, která je dána nutností neustále sledovat jak míč, tak spoluhráče či protihráče (Perrin et al., 2002).

Statisticky významné rozdíly jsme našli ve svalové aktivitě m. tibialis anterior mezi skupinou baletních tanečnic před i po rehabilitační intervenci a kontrolní skupinou při stožení na pravé dolní končetině s otevřenými očima. Aktivita m. TA byla větší u kontrolní skupiny. Trepman et al. (1994) ve své studii zkoumal EMG aktivitu některých svalů dolních končetin u baletních tanečnic a tanečnic moderního tance v pozici *demi-plié*. Bylo zjištěno, že u baletních tanečnic byl výrazně aktivnější m. tibialis anterior, zejména ve střední pozici *plié* (Trepman et al., 1994). Na aktivitu v těchto pozicích poukazuje také Clippinger (2007). Uvádí, že dorzální flexe chodidla je při stožení zajišťována působením gravitace a m. tibialis anterior se svou excentrickou aktivitou a m. triceps surae

se svou izometrickou aktivitou podílejí na jejím udržení (Clippinger, 2007). Za ideální *turnout* je považována pozice s 90° zevní rotací v kyčelních kloubech, což je z anatomického hlediska nefyziologické. Ve většině případů u tanečnicků nacházíme tzv. funkční *turnout*, kde zevní rotace v kyčelních kloubech je v rozmezí 60 – 70° a zbylého rozsahu je kompenzačně dosaženo v distálnějších segmentech dolní končetiny (Clippinger, 2007; Gilber at al., 1998; Champion & Chatfield, 2008; Negus et al., 2005). Dochází k vnitřní rotaci tibie a pronačnímu postavení nohy. Tato zvýšená pronace vede k oploštění mediálního oblouku nohy a povolení měkkých struktur této oblasti. Nadměrná pronace vede ke snížení stability hlezna a zhoršení balance, což se projeví zvýšenou EMG aktivitou svalů hlezna a bérce. M. tibialis anterior společně s m. tibialis posterior a m. flexor hallucis longus zde mohou sloužit jako supinátory, které podporují klenutí mediálního oblouku nohy a zajišťují tak stabilitu v oblasti hlezna (Clippinger, 2007). EMG aktivitu v závislosti na šířce stoje ve své studii zkoumal Lemos et al. (2015). Bylo zjištěno, že m. TA se aktivuje za účelem udržet mediolaterální stabilitu hlezenního kloubu a je 3x více aktivní při zúžené bázi než při klidném stoji. Stabilitu ve frontální rovině tedy udržují svaly zajišťující supinaci a pronaci nohy (Lemos, Imbiriba, Vargas & Vieira, 2015, Kapandji, 1987).

Naměřili jsme statisticky a věcně významný rozdíl v aktivitě m. peroneus brevis mezi kontrolní skupinou a skupinou baletních tanečnicků před rehabilitací při bipedálním stoji. M. peroneus longus et brevis slouží jako pomocné svaly při plantární flexi chodidla (Kapandji, 1987). Pomáhají udržet optimální pozici špičky v *en pointe* a postavení předonoží a středonoží vůči zánoží tak, aby bylo docíleno patřičného estetického dojmu (Clippinger, 2007). M. peroneus longus i m. peroneus brevis se výrazně zapojují také při *relevé* (Massó, Romeo & Rey, 2004). Balanci v pozici *en pointe* zajišťují především plantární flexory a adduktory hlezna. Peroneální svaly v ko-kontrakci s m. TA a m. FHL zabraňují nadměrné supinaci či pronaci nohy při stoji na špičkách a chrání tak hlezno před případnou distorzí (Clippinger, 2007). M. peroneus brevis je považován za jediný „čistý“ abduktor nohy a svou aktivitou omezuje supinaci, která je přítomna při kontrakci m. TS. (Dylevský, 2009).

V našem výzkumu jsme také zjistili významně větší aktivitu m. rectus femoris v kontrolní skupině při stoji na pravé dolní končetině s otevřenými očima ve srovnání s experimentální skupinou před rehabilitací a ve stoji na pravé dolní končetině s otevřenými i zavřenými očima ve srovnání s experimentální skupinou po rehabilitaci.

U baletních tanečnicků v uzavřeném kinematickém řetězci nacházíme zvýšenou svalovou aktivitu m. RF zejména při pohybech typu *plié*. Zde je vyžadována jak jeho koncentrická, tak také izometrická a excentrická aktivita (Clippinger, 2007; Trepman et al., 1994). V otevřeném kinematickém řetězci je m. RF aktivní v pozicích *Rond de Jamble*, *Frappé*, *Tendu*, *Dégagé* aj. (Clippinger, 2007). Krasnow et al. (2012) ve své studii zjistil, že profesionální baletní tanečníci vykazují menší svalovou aktivitu m. rectus femoris ve srovnání se začínajícími tanečníky (Krasnow et al., 2012). Jelikož mají tanečníci obecně lepší koordinaci pohybu a kvalitnější schopnosti balance, můžeme předpokládat také vyváženější svalové souhry. Domnívám se, že tanečníci jsou v důsledku svých častých tréninků schopni efektivněji stabilizovat kolenní kloub, zejména díky aktivitě mm. vastii. Tyto fázické svaly nejsou u běžné populace tak „vytrénovány“ a to může být důvodem zvýšené svalové aktivity m. rectus femoris u naší kontrolní skupiny ve srovnání s baletními tanečníky.

U experimentální skupiny baletních tanečnicků před i po rehabilitaci jsme ve srovnání s kontrolní skupinou naměřili statisticky významně zvýšenou svalovou aktivitu m. semitendinosus. Hlavní funkcí tohoto svalu je flexe KOK, příp. extenze KYK. Jako jejich vedlejší funkce je vnitřní rotace kolenního, případně kyčelního kloubu (Kapandji, 1987). Svalovou aktivitou m. semimembranosus et semitendinosus při stoje na dolní končetině flektované v kolenním kloubu se zabývali Kim et al. (2013). Zjistili, že při vnitřní rotaci tibie tyto dva svaly vykazují vyšší EMG aktivitu než m. biceps femoris. Při zevní rotaci tibie byla naopak zjištěna větší EMG aktivita m. biceps femoris (Kim, Kwon, Park & Choung, 2013). Mohamed et al. (2003) zkoumali míru zapojení hamstringů v závislosti na rotaci v kolenním kloubu v otevřeném kinematickém řetězci. Opět bylo prokázáno, že EMG aktivita m. semitendinosus et semimembranosus je signifikantně vyšší při VR bérce (Mohamed, Perry & Hislop, 2003).

Vnitřní rotace, obecně, není v baletním tanci preferována a většina pohybů dolních končetin se odehrává v zevně rotačním postavení v uzavřeném i otevřeném kinematickém řetězci (Clippinger, 2007). Můžeme tedy předpokládat, že díky tréninku bude zevně rotační postavení pro tanečníky stabilnější pozicí. Při stoje bez přítomnosti nadměrné ZR tak mohou být vyvedeni z této rovnováhy, což by mohlo vést ke zvýšené svalové aktivitě vnitřních rotátorů pro stabilizaci kloubů DK. To může být vysvětlením vyšší EMG aktivity m. semitendinosus u naší hodnocené skupiny baletních tanečnicků ve srovnání s běžnou populací.

Při hodnocení výsledků jsme zaznamenali zvýšenou svalovou aktivitu všech námi měřených svalů dolních končetin při stoji na pravé dolní končetině s otevřenými i se zavřenými očima ve srovnání s EMG aktivitou při stoji na noze levé. Tento fenomén byl patrný u všech námi měřených skupin probandů. Můžeme předpokládat, tento rozdíl ve svalové aktivitě je závislý na dominanci dolních končetin. U námi měřených probandů byla ve všech případech dominantní pravá DK. Pravou dolní končetinu uvádí jako dominantní u 85 % probandů například Alonso et al. (2011)(Alonso, Brech, Bourquin & Greve, 2011). Dominantní končetina je obecně považována za končetinu „pracovní“, tedy tu, která vykonává kopy, jemné a přesné pohyby a u baletních tanečníků je to končetina, za kterou se tanečník otáčí při piruetě a která provádí estetické dynamické pohyby (Lin, Su, Wu & Lin, 2013). Naopak nedominantní končetina je považována za končetinu opěrnou, u které zjišťujeme lepší schopnost balance a rychlejší nástup svalové aktivity v uzavřeném kinematickém řetězci (Kinght & Weimar, 2011; Knight & Weimar, 2010). Ve studii Mertz & Docherty (2012) preferuje většina tanečníků levou dolní končetinu jako opěrnou (Mertz & Docherty, 2012). V naší studii upřednostňovali levou DK jako opěrnou všichni probandí. Lin et al. (2009) uvádějí, že preference jedné z končetin závisí na fyzické aktivitě jedince. Pokud ten nevykonává žádný pravidelný sport, nedá se očekávat preference jedné z dolních končetin tak, jako je tomu u osob trénovaných (Lin, Liub, Hsieh & Lee, 2009). Množství studií nenašlo signifikantní rozdíly ve schopnosti udržování balance a ve svalové aktivitě mezi dominantní a nedominantní končetinou (Alonso et al., 2011; Hoffman, Schrader, Applegate & Koceja, 1998; Muehlbauer, Mettler, Roth & Granacher, 2014).

V této studii byla také zjištěna vyšší aktivita distálně umístěných svalů ve srovnání se svaly proximálními ve všech námi zkoumaných skupinách. Konkrétně se jedná o m. tibialis anterior, m. peroneus longus a částečně také m. peroneus brevis. To poukazuje na využívání kotníkové strategie v udržování balance, která se uplatňuje převážně u výchylek v sagitální rovině. Gatev et al. (1999) ve své studii dokládá, že kotníková strategie je využívána v klidném stoji převážně u výchylek v anteroposteriorním směru.

Nakonec byl hodnocen vliv rehabilitace na velikost svalové aktivity jednotlivých svalů dolních končetin v různých typech stoje. Došlo k významnému nárůstu svalové aktivity u m. peroneus brevis a poklesu aktivity m. gastrocnemius medialis a m. biceps femoris v klidném bipedálním stoji. V ostatních typech stoje nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly v EMG aktivitě. Po terapii jsme zjistili obecné snížení

svalové aktivity u většiny námi hodnocených svalů. To můžeme hodnotit jako pozitivní efekt, protože v klidném stoji není přílišná svalová aktivita žádoucí a ukazovala by tak narušenou schopnost zajišťování posturální stability.

Mezi limity tohoto výzkumu můžeme zařadit nízký počet zúčastněných probandů. Pro terapii byl v naší studii zvolen proximální přístup. Další možností terapie ovlivnění plochonoží a patologií v oblasti nohy, které se mohou řetězit do proximálních segmentů, jsou postupy, které se více zaměřují na distální segmenty těla. Jedná se například o senzomotorickou stimulaci dle Jandy či Freemana. Jejich prvky by mohly být zařazeny do terapie v dalším výzkumu.

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit svalovou aktivitu námi vybraných svalů dolních končetin u profesionálních baletních tanečníků a tanečnic při různých typech stoje a porovnat ji se svalovou aktivitou běžné populace při totožných úkonech.

Při porovnání svalové aktivity na dolních končetinách u baletních tanečníků a tanečnic před rehabilitací a kontrolní skupiny jsme zjistili, že kontrolní skupina vykazovala obecně větší svalovou aktivitu u všech námi hodnocených svalů mimo m. peroneus longus, m. gastrocnemius lateralis (pouze pro stoj na pravé dolní končetině) a m. semitendinosus, kde byla větší svalová aktivita u skupiny baletních tanečníků. U m. semitendinosus byl tento rozdíl ve svalové aktivitě statisticky významný při stoji na pravé dolní končetině. Zjistili jsme také statisticky a vysoce věcně významné rozdíly v aktivitě m. tibialis anterior, m. peroneus brevis a m. rectus femoris. U těchto svalů byla větší svalová aktivita u kontrolní skupiny.

Při srovnání svalové aktivity u skupiny baletních tanečníků po terapii a kontrolní skupiny jsme naměřili statisticky a vysoce věcně významné rozdíly v aktivitě m. tibialis anterior, m. rectus femoris a m. semitendinosus, přičemž větší svalová aktivita u skupiny baletních tanečníků byla pouze u m. semitendinosus.

Velikost EMG aktivity jednotlivých svalů se liší v různých typech stoje. U všech námi hodnocených skupin probandů byla patrná zvýšená svalová aktivita všech zkoumaných svalů při stoji na pravé dolní končetině. Vyřazení zrakové kontroly tuto svalovou aktivitu ještě zvýšilo.

Dalším cílem naší práce bylo zhodnotit vliv rehabilitace na svalovou aktivitu námi hodnocených svalů u skupiny baletních tanečníků. Zjistili jsme, že absolvování 6týdenní terapie vedlo ke statisticky a vysoce věcně významnému zvýšení svalové aktivity m. tibialis anterior a m. peroneus brevis a snížení aktivity u m. gastrocnemius medialis a m. biceps femoris v klidném bipedálním stoji a m. rectus femoris ve stoji na levé dolní končetině se zavřenýma očima. V jiných typech stoje nebyly nalezeny statisticky či vysoce věcně významné rozdíly. Byl však zjištěn patrný pokles EMG aktivity u většiny námi hodnocených svalů téměř ve všech typech stoje.

8 SOUHRN

Baletní tanec je velmi náročným sportem, který vyžaduje nadměrnou flexibilitu, sílu, dokonalou koordinaci pohybu a v neposlední řadě vyváženou svalovou souhru. Tyto všechny schopnosti jsou velmi důležité pro provedení a udržení náročných baletních pozic. To, aby byl tanečník schopen tyto pozice dokonale zvládnout, vyžaduje dlouhodobý pravidelný trénink, který však klade vysoké nároky na muskuloskeletální systém. Můžeme proto předpokládat, že baletní tanečníci budou vykazovat rozdílnou EMG aktivitu v jednotlivých svalech dolních končetin ve srovnání s běžnou populací.

Cílem této práce bylo porovnat svalovou aktivitu vybraných svalů dolních končetin při různých typech stoje u profesionálních baletních tanečníků a u běžné populace. Dílčím cílem bylo vyhodnotit vliv cílené rehabilitace na míru svalové aktivity dolních končetin baletních tanečníků.

Experimentální skupinu tvořilo 13 profesionálních baletních tanečníků Moravského divadla v Olomouci. Ve vzorku bylo zastoupeno 9 žen a 4 muži (průměrný $24,54 \pm 3,52$ let; průměrná výška $170,55 \pm 10,63$ cm; průměrná hmotnost $60,03 \pm 12,91$ kg). Kontrolní skupina se skládala z 22 probandů, z toho 10 mužů a 12 žen (průměrný věk $23,41 \pm 2,22$ let; průměrná výška $172,50 \pm 10,37$ cm; průměrná hmotnost $68,23 \pm 11,34$ kg). Pro hodnocení svalové aktivity byla použita povrchová bezdrátová elektromyografie firmy Deltys®. Po dobu 6 týdnů byla u experimentální skupiny prováděna rehabilitační terapie.

Podle našich výsledků vykazují tanečníci před i po rehabilitaci v jednotlivých typech stoje obecně nižší svalovou aktivitu mimo m. semitendinosus a m. peroneus longus než skupina běžné populace. Významně nižší svalová aktivita byla zjištěna u m. tibialis anterior a m. rectus femoris u baletních tanečníků před i po terapii a u m. peroneus brevis u tanečníků před terapií ve srovnání s běžnou populací. Zjistili jsme také, že experimentální i kontrolní skupina vykazuje vyšší svalovou aktivitu na pravé dolní končetině ve srovnání s končetinou levou.

Po 6týdenním cyklu rehabilitace byla naměřena obecně nižší svalová aktivita svalů dolních končetin, zejména u m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. rectus femoris. K nárůstu svalové aktivity došlo naopak u m. peroneus brevis a m. tibialis anterior. Tyto změny byly významné pouze v bipedálním stoji (m. peroneus brevis, m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris) a stoji na levé dolní končetině s otevřenými (m. tibialis anterior, m. peroneus brevis) a zavřenými (m. rectus femoris) očima.

Výsledky této práce dokládají, že dlouhodobý baletní trénink má vliv na změnu svalové aktivity u profesionálních baletních tanečnic v jednotlivých typech stoje. Dalším poznatkem bylo, že cílenou rehabilitací je možné tuto svalovou aktivitu optimalizovat tak, aby se předcházelo případným úrazům, které vznikají například v důsledku přetížení svalového aparátu tanečnic u tak specifického tance, jako je balet.

9 SUMMARY

Ballet dancing is a very demanding sport that requires excessive flexibility, strength, perfect movement coordination and balanced muscle coordination.

All these abilities are very important to perform and hold the difficult ballet positions. To perform a perfect dance movement requires hard and longtime practice. Certainly, this demanding training is highly challenging for musculoskeletal system. Therefore, it can be assumed, that professional ballet dancers will show diverse EMG activity of chosen lower limb muscles, compared to common people in control group.

The aim of this study was to evaluate the activity of lower limb muscles with ballet dancers and common population in different types of stand. The other purpose of this study was to evaluate the effectiveness and influence of targeted rehabilitation on lower limb muscle activity with ballet dancers.

The experimental group included 13 professional ballet dancers (4 men and 9 women) from the „Moravské divadlo v Olomouci“. The average age was $24,54 \pm 3,52$ years, the average height $170,55 \pm 10,63$ cm, the average weight $60,03 \pm 12,91$ kg. The control group consisted of 22 participants (10 men, 12 women), their average age was $23,41 \pm 2,22$ years, the average height $172,50 \pm 10,37$ cm and the average weight was $68,23 \pm 11,34$ kg. In order to measure the muscle activity, the wireless surface electromyography device Deltys has been used. The experimental group carried out a targeted rehabilitation for 6 weeks.

The ballet dancers showed in general lower muscle activity before and after rehabilitation training, than control group (except for semitendinosus and peroneus longus et brevis muscles). Significantly lower activity has been detected in the tibialis anterior muscle and rectus femoris muscle. In the peroneus muscle the lower activity has been detected only before the therapy in experimental group. On the other hand, the semitendinosus muscle showed increased activity before as well as after rehabilitation in the experimental group. In addition, results showed higher activity of right leg muscles in both groups.

After six-week therapy, general decrease of lower limb muscles have occurred, especially gastrocnemius medialis, biceps femoris and rectus femoris muscle. The increased activity was found in peroneus brevis and tibialis anterior muscle. These changes were significant only in bipedal stand (m.peroneus brevis., m. gastrocnemius

medialis, m. biceps femoris) and in single left-leg-stand (left leg) with open eyes (m. tibialis anterior, m. peroneus brevis) and with closed eyes (m. rectus femoris).

The results of this study demonstrate that long-term ballet training can affect change in muscle activity in professional ballet dancers in various types of stands. Furthermore, our results also approved, that targeted rehabilitation is feasible way to influence and optimizme the muscle aktivitiy, in order to minimize the risk of injuries associated with ballet dancing.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Anonymous 1. Taneční magazín. 2012. *Historie baletu*. Retrieved 25. 10. 2014 from the World Wide Web: <http://www.tanecnimagazin.cz/2009/02/27/historie-baletu/>
- Anonymous 2. 2014. www.dance.about.com
- Anonymous 3. 2014. Encyklopedia Britannica. <http://kids.britannica.com/comptons/art-167043/There-are-five-basic-positions-from-which-all-movement-in>
- Anonymous 4. 2014. <http://www.studentsoftheworld.info/sites/sport/46454.php?Page=4>
- Adler, S. S., Beckers, D., & Buck, M. (2007). *PNF in Practice: An Illustrated Guide*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Alexandrov, A., Frolov, A., & Massion, J. (1998). Axial synergies during human upper trunk bending. *Experimental Brain Research*, 118(2), 210-220.
- Alonso, A. C., Brech, G. C., Bourquin, A. M., & Greve, J. M. (2011). The influence of lower-limb dominance on postural balance. *Sao Paulo Medicine Journal*, 129(6), 410-3.
- Barnes, M. A., Krasnow, D., Tupling, S. J., & Thomas, M. (2000). Knee Rotation in Classical Dancers during the Grand Plie. *Medical Problems of Performing Artists*, (15)4, 140.
- Baroni, G., Pedrocchi, A., Ferrigno, G., Massion, J., & Pedotti, A. (2001). Static and dynamic postural control in long-term microgravity: evidence of a dual adaptation. *Journal of Applied Physiology*, 90(1), 205-215.
- Bennel, K., Khan, K. M., Matthews, B., De Gruyter, M., Cook, E., Holzer, K., & Wark, J. D. (1999). Hip and ankle range of motion and hip muscle strength in young novice female ballet dancers and controls. *British Journal of Sports Medicine*, 33(5), 340-346.
- Brodská, B. (2000). *Vybrané kapitoly z dějin baletu*. Praha: Akademie muzických umění v Praze.
- Brodská, B. (2006). *Dějiny baletu v Čechách a na Moravě do roku 1945*. Praha: Akademie muzických umění v Praze.
- Brodská, B. (2007). *Romantický balet*. Praha: Akademie muzických umění v Praze.

- Brown, T., & Michelli, L. (1998). Where artistry meets Injury. *Biomechanics*, 5(9), 12-25.
- Califano, M. (2011). Homepage. *Female & male Dance Technique Differences*. Retrieved 6. 12. 2014 from the World Wide Web:http://www.maximocalifano.com/maximo_califano_ballet_dance_technique.html
- Cirstea, M. C., Mitnitski, A. B., Feldman, A. G., & Levin, M. F. (2003). Interjoint coordination dynamics during reaching in stroke. *Experimental Brain Research*, 151(3), 289-300.
- Clippinger, K. (2007). *Dance Anatomy and Kineziology*. United States: Human Kinetics Publishers.
- D'Avella, A., Saltiel, P., & Bizzi, E. (2003). Combinations of muscle synergies in the construction of a natural motor behavior. *Nature Neuroscience*, 6(3), 300-308.
- D'Avella, A., & Bizzi E. (2005). Shared and specific muscle synergies in natural motor behaviors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(8), 3076-3081.
- Deckert, J. L., Barry, S. M., & Welsh, T. M. (2007). Analysis of Pelvic Alignment in University Ballet Majors. *Journal of Dance Medicine & Science*, 11(4), 110-117.
- DeLisa J., A. et al. (1993). *Rehabilitation medicine: principles and practice*. Philadelphia: Lippincott.
- Denys-Struyf, G. (1995). *Cadeias musculares e articulares: o método G. D. S*. Retrieved 14. 12. 2014 from the World Wide Web: https://books.google.cz/books/about/Cadeias_musculares_e_articulares.html?id=grWb_BjdSzcC&redir_esc=y
- Dipietro, L., Krebs, H. I., Fasoli, S. E., Volpe, B. T., Stein, J., Bever, C., & Hogan, N. (2007). Changing Motor Synergies in Chronic Stroke. *Journal of Neurophysiology*, 98(2), 757-768.
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Praha: Grada Publishing.
- Foley, E. C., & Bird, H. A. (2013). Hypermobility in dance: asset, not liability. *Clinical Rheumatology*, 32(4), 455-461.

- Gatev, P., thomas, S., Keppe, T., & Hallett, M. (1999). Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *Journal of Physiology*, 514(3), 615-928.
- Gilbert, C. B., Gross, M. T., & Klug, K. B. (1998). Relationship Between Hip External Rotation and Turnout Angle for the Five Classical Ballet Positions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(5), 339-374.
- Giszter, S., Patil, V., & Hart, C. (2007). Primitives, premotor drives, and pattern generation: a combined computational and neuroethological perspective. *Progress in Brain Research*, 165, 323-346.
- Golomer, E., Crémieux, J., Dupui, P., Isableu, B., & Ohlman, T. (1999a). Visual contribution to selfinduced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neuroscience Letters*, 267(3), 189-192.
- Golomer, E., Dupui, P., & Monod, H. (1997). The effects of maturation on self-induced dynamic body sway frequencies of girls performing acrobatics and classical dance. *European Journal of Physiology and Occupational Physiology*, 76(2), 140-144.
- Golomer, E., Dupui, P., Séréni, P., & Monor, H. (1999b). The contribution of vision in dynamic spontaneous swap of male classical dancers according to student or professional level. *Journal of Physiology-Paris*, 93(3), 233-237.
- Golomer, E., & Dupui, P. (2000). Spectral analysis of adult dancers' sways: Sex and interactionvision-proprioception. *International Journal of Neuroscience*, 105(1-4), 15-26.
- Grant, G. (1982). *Technical manual and dictionary of classical ballet*. New York: Dover Publications.
- Green, J., & Denzler, C. (2003). *Ballet Class Coloring Book*. Minesota: Dover Publications.
- Hamilton, P. A., Aronsen, P., Løken, J. H., Berg, I. M., Skotheim, R., Hopper, D., Clarke, A., & Briffa, N. K. (2006). Dance training intensity at 11-14 years is associated with femoral torsion in classical ballet dancers. *British Journal of Sports Medicine*, 40(4), 299-303.
- Haas, J. (2010). *Dance Anatomy*. United States: Human Kinetics Publishers.

- Hoffman, M., Schrader, J., Applegate, T., & Koceja. (1998). Unilateral Postural Control of the Functionally Dominant and Nondominant Extremities of Healthy Subjects. *Journal of Athletic Training*, 33(4), 319-322
- Hopper, M. D., Grisbrook, T. L., Newnham, P. J., & Edwards, D. J. (2014). The Effects of Vestibular Stimulation and Fatigue on Postural Control in Classical Ballet Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 18(2), 67-73.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*, 35(suppl 2), ii7-ill.
- Howse, J., & Hancock, S. (2000). *Dance Technique and Injury Prevention*. New York: Routledge.
- Hugel, F., Cadopi, M., Kohler, F., & Perrin, P. (1999). Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes. *International Journal of Sports Medicine*, 20(2), 86-92.
- Hutt, K., & Redding, E. (2014). The effect of an eyes-closed dance-specific training program on dynamic balance in elite pre-professional ballet dancers: a randomized controlled pilot study. *Journal of dance medicine and science*, 18(1), 3-11.
- Champion, L. M., & Chatfield, S. J. (2008). Measurement of Turnout in dance research: a critical review. *Journal of Dance medicine and Science*, 12(4), 121-135.
- Imagawa, H., Hagio, S., & Kouzaki, M. (2013). Synergistic co-activation in multi-directional postural control in humans. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(2), 430-437.
- Kaňovský, P., Herzig, R. a kol. (2007). *Obecná neurologie*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Kapandji, I. A. (1987). *The physiology of the joints. Vol. 2, Lower limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Kassing, G. (2013). *Beginning Ballet With Web Resource*. United States: Human Kinetics Publishers.

- Kiefer, A. W., Riley, M. A., Shockley, K., & Sitton, B. S. (2013). Lower-limb Proprioceptive Awareness in Professional Ballet Dancers. *Journal of dance medicine & science*, 17(3), 126-132.
- Kim, S., Kwon, O., Park, K., & Choung, S. (2013). Correlation between the Angle of Lateral Tibial Rotation and the Ratio of Medial and Lateral Hamstring Muscle Activities during Standing Knee Flexion. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(4), 383-386.
- Kirstein, L., & Stuart, M. (1952). *Classic Ballet*. Florida: University Press of Florida.
- Knight, A. C., & Weimar, W. H. (2010). Effects of ankle taping on single and double leg balance. *Sport Science Review*, 19(1-2), 5-19.
- Knight, A. C., & Weimar, W. H. (2011). Difference in response latency of the peroneus longus between the dominant and nondominant legs. *Journal of Sport Rehabilitation*, 20(3), 321-332.
- Konrad, P. (2005). *The ABC of EMG*. Scottsdale: Noraxon U.S.A.
- Krasnow, D., Ambegaonkar, J. P., Wilmerding, M. V., Stecyk, S., Koutedakis, Y., & Wyon, M. (2012). Electromyographic comparison of Grand Battement Devant at the Barre, in the center, and traveling. *Medical Problems of Performing Artists*, 27(3), 143-155.
- Králíček, P. (2002). *Úvod do speciální neurofyzologie*. Praha: Karolinum.
- Krobot, A., & Kolářová, B. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kröschlová, J. (1956). *Základy pohybové přípravy tanečnicka a herce*. Praha: Orbis.
- Kröschlová, J. (1975). *Nauka o pohybu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Kröschlová, J. (2002). *Výrazový tanec*. Praha: IPOS-ARTAMA.
- Kuo, A. D. (2005). An optimal state estimation model of sensory integration in human postural balance. *Journal of Neural Engineering*, 2, 235-249.
- Kutch, J. J., Kuo, A. D., Bloch, A. M., & Rymer, W. Z. (2008). Endpoint force fluctuations reveal flexible rather than synergistic patterns of muscle cooperation. *Journal of Neurophysiology*, 100(5), 2455-2471.

- Latash, M. L. (2008). *Synergy*. New York: Oxford University Press.
- Lemos, T., Imbiriba, L. A., Vargas, C. D., & Vieira, T. M. (2015). Modulation of tibialis anterior muscle activity changes with upright stance width. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *25(1)*, 168-174.
- Lin, W. H., Liub, Y. F., Hsieh, C. C., & Lee, A. J. (2009). Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant. *Journal of science and medicine in sport*, *12(1)*, 42-49.
- Lin, C. W., Su, F. C., Wu, H. W., & Li, C. F. (2013). Effects of leg dominance on performance of ballet turns (pirouettes) by experienced and novice dancers. *Journal of sports sciences*, *31(16)*, 1781-1788.
- Luttgens, K., & Hamilton, N. (1997). *Kinesiology : scientific basis of human motion*. Boston: William C Brown Pub.
- Massó, N., Romeo, A. G., & Rey, F. (2004). Study of Muscle Activity During Relevé in First and Sixth Position. *Journal of dance medicine & science*, *8(4)*, 101-107.
- Mertz, L., & Docherty, C. (2012). Self-Described Differences Between Legs in Ballet Dancers: Do They Relate to Postural Stability and Ground Reaction Force Measures? *Journal of Dance Medicine & Science*, *16(4)*, 154-160.
- Mitchell, M. (2004). *Ballet: pointe by pointe*. New York: The Rosen publishing Group.
- Mlčoch, Z. (2008). Správné držení těla, vadné držení těla, páteře – obrázky, následky. Retrieved 8. 6. 2015 from the World Wide Web: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/neurologie-nemoci-vysetreni/spravne-drzeni-tela-vadne-drzeni-tela-patere-obrazky-nasledky>
- Mohamed, O., Perry, J., & Hislop, H. (2003). Synergy of medial and lateral hamstrings at three positions of tibial rotation during maximum isometric knee flexion, *Knee*, *10(3)*, 277-281.
- Muehlbauer, T., Mettler, C., Roth, R., & Granacher, U. (2014). One-leg standing performance and muscle activity: are there limb differences? *Journal of applied biomechanics*, *30(3)*, 407-414.

- Negus, V., Hopper, D., & Briffa, N. M. (2005). Associations between turnout and lower extremity injuries in classical ballet dancers. *The Journal of orthopedic and sports physical therapy*, 35(5), 307-18.
- Novotný, M., Hahn, A., Boleloucký, Z., & Vaverková, H. (1997). *Závratě: diagnostika a léčba*. Stuttgart: Aesopus.
- Perrin, P., Devieterne, D., Hugel, F., & Perrot, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & Posture*, 15(2), 187-194.
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor Integration in Human Postural Control, *Journal of Neurophysiology*, 88, 1097-1118.
- Pica, R. (1988). *Dance training for gymnastics*. Champaign: Leisure Press.
- Ramsey, J. R., & Riddoch, M. J. (2001). Position-matching in the upper limb: Professional ballet dancers perform with outstanding accuracy. *Clinical Rehabilitation*, 15(3), 324-330.
- Rey, J. (1947). *Jak se dívat na tanec*. Praha: Vyšehrad.
- Richter, P., & Hebgen, E. (2007). *Trigger Points and Muscle Chains in Osteopathy*. Stuttgart: Thieme.
- Schmit, J. M., Regis, D. I., & Riley, M. A. (2005). Dynamic patterns of postural sway in dancers and track athletes. *Experimental Brain Research*, 163(3), 370-378.
- Shah, S. (2009). Determining a Young Dancer's Readiness for Dancing on Pointe. *Current Sports Medicine Reports*, 8(6), 295-299.
- Sheper, M. C., de Vries, J. E., de Vos, R., Verbunt, J., Nollet, F., & Engelbert, R. H. (2013). Generalized joint hypermobility in professional dancers: a sign of talent or vulnerability? *Rheumatology*, 52(4), 651-658.
- Shoene, L. M. (2010). Dance. In Werd, M. B., & Knight, E. L. *Athletic Footwear and Orthoses in Sports Medicine*. California: Springer Science.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.

- Schleip, R. S., Findley, T. W., & Chaitow, L. (2012). *Fascia: The Tensional Network of the Human Body: The science and clinical applications in manual and movement therapy*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Schmidová, L. (1962). *Československý balet*. Praha: Orbis.
- Simmons, R. W. (2005a). Sensory Organization Determinants of Postural Stability in Trained Ballet Dancers. *The International Journal of Neuroscience*, 115(1), 87-97.
- Simmons, R. W. (2005b). Neuromuscular responses of trained ballet dancers to postural perturbations. *The International Journal of Neuroscience*, 115(8), 1193-1203.
- Tarasov, N. I. (1983). *Klasický tanec*. Praha: SPN.
- Thomassen, E. (1982). *Diseases and Injuries of Ballet Dancers*, Denmark: Birhus Universitetsforlaget I.
- Trepman, E., Gellman, R. E., Solomon, R., Murthy, K. R., Micheli, L. J., & De Luca, C. J. (1994). Electromyographic analysis of standing posture and demi-plié in ballet and modern dancers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(6), 771-782.
- Ting, L. H. (2007) Dimensional reduction in sensorimotor systems: a framework for understanding muscle coordination of posture. *Progress in Brain Research*, 165, 299-321.
- Ting, L. H., & Macpherson, J. M. (2005). A limited set of muscle synergies for force control during a postural task. *Journal of Neurophysiology*, 93(1), 609-613.
- Ting, L. H., & McKay, J. L. (2007). Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(6), 622-628.
- Tresch, M. C., & Jarc, A. (2009). The case for and against muscle synergies. *Current Opinion in Neurobiology*, 19(6), 601-607.
- Tresch, M. C., Saltiel, P., D'Avella, A., & Bizzi, E. (2002). Coordination and localization in spinal motor systems. *Brain Research Reviews*, 40 (1-3), 66-79.
- Trojan, S. a kol. (2003). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada.
- Vaganova, A. I. (1969). *Basic Principles of Classical Ballet: Russian Ballet Technique*. United States: Denver Publishers.

- Valero-Cuevas, F. J., Venkadesan, M., & Todorov, E. (2009). Structured variability of muscle activations supports the minimal intervention principle of motor control. *Journal of Neurophysiology*, 102(1), 59-68.
- Vander, A. J., Sherman, J. H., & Luciano, D. S. (1993). *Human physiology: the mechanisms of body function*. New York: McGraw-Hill.
- Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita (I. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 115-121.
- Véle, F. (1995). *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Univerzita Karlova.
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie*. Praha: Triton.
- Wankle, E. M., Avendt, M., Mill, H., & Groneberg, D. A. (2013). Occupational accidents in professional dance with focus on gender differences. *Journal of occupational medicine and toxicology*, 8(1), 35.
- Wilmerding, V., & Krasnow, D. (2011). Turnout for Dancers - Hip Anatomy and Factors Affecting Turnout. *International Association for Dance Medicine and Science*. 1-7.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1 Základní statistické charakteristiky a rozdíly

Tabulka 28. Hodnoty EMG aktivity svalů dolních končetin u kontrolní skupiny

KS	BS		POO		LOO		POZ		LOZ	
	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD
m.TA [μV]	0,78	0,08	6,10	4,51	2,01	1,95	17,48	9,85	4,06	5,16
m.PL [μV]	0,74	0,08	8,32	4,01	1,08	0,59	15,29	7,51	2,28	3,41
m.GM [μV]	0,57	0,14	3,99	3,34	0,48	0,42	5,87	5,89	1,13	1,77
m.GL [μV]	0,77	0,07	3,34	1,70	1,59	1,77	4,87	2,20	1,54	1,72
m.RF [μV]	0,80	0,03	1,46	0,77	0,94	0,25	4,90	3,45	2,00	3,48
m.PB [μV]	0,80	0,05	5,03	2,25	1,27	0,72	10,76	4,98	3,69	5,18
m.Sol [μV]	0,74	0,04	2,68	1,53	0,98	1,25	4,11	2,87	1,27	2,71
m.BF [μV]	0,71	0,15	1,09	1,25	1,91	1,86	1,94	2,36	2,54	2,60
m.SEMI [μV]	0,73	0,06	1,94	1,81	2,35	2,89	3,54	4,08	2,16	3,00

Legenda: KS – kontrolní skupina, BS – bipedální stoj, POO – stoj na pravé dolní končetině s otevřenými očima, LOO – stoj na levé dolní končetině s otevřenými očima, POZ – stoj na pravé dolní končetině se zavřenými očima, LOZ – stoj na levé dolní končetině se zavřenými očima, SD – směrodatná odchylka, m. TA – m. tibialis anterior, m. PL – m. peroneus longus, m. GM – m. gastrocnemius medialis, m. GL – m. gastrocnemius lateralis, m. RF – m. rectus femoris, m. PB – m. peroneus brevis, m. SOL – m. soleus, m. BF – m. biceps femoris, m. SEMI – m. semitendinosus.

Tabulka 28. Hodnoty EMG aktivity svalů dolních končetin u skupiny baletních tanečniců a tanečnic před rehabilitací

B_Před	BS		POO		LOO		POZ		LOZ	
	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD
m.TA [μV]	0,63	0,20	2,29	1,42	1,32	1,26	12,61	10,11	2,16	1,07
m.PL [μV]	0,74	0,10	13,44	10,99	0,92	0,22	29,09	25,55	2,34	2,14
m.GM [μV]	0,58	0,13	3,34	3,02	0,32	0,24	6,15	7,94	1,35	2,86
m.GL [μV]	0,73	0,12	4,71	2,80	0,75	0,31	6,22	4,31	1,32	0,96
m.RF [μV]	0,81	0,03	0,86	0,15	0,81	0,16	3,03	2,82	2,47	2,24
m.PB [μV]	0,71	0,12	4,54	2,76	0,89	0,28	12,39	8,77	2,37	2,21
m.Sol [μV]	0,71	0,08	2,12	0,80	0,43	0,24	2,98	1,10	0,94	0,94
m.BF [μV]	0,70	0,11	0,89	0,63	1,56	2,02	1,29	1,14	2,30	3,41
m.SEMI [μV]	0,73	0,08	3,88	2,64	3,02	2,54	4,58	3,08	2,88	2,10

Legenda: B_Před – skupina baletních tanečniců a tanečnic před rehabilitací; viz Tabulka 27.

Tabulka 29. Hodnoty EMG aktivity svalů dolních končetin u skupiny baletních tanečnic a tanečnic po rehabilitaci

B_Po	BS		POO		LOO		POZ		LOZ	
	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD	průměr	SD
m.TA [μV]	0,69	0,16	2,90	1,60	4,80	4,96	14,51	8,38	4,10	3,37
m.PL [μV]	0,76	0,05	11,90	8,56	1,42	1,85	23,77	17,99	1,74	1,53
m.GM [μV]	0,48	0,13	4,76	5,91	0,25	0,20	6,70	6,17	0,41	0,32
m.GL [μV]	0,76	0,07	4,89	3,72	0,64	0,23	7,32	4,31	0,85	0,45
m.RF [μV]	0,77	0,11	0,80	0,27	0,77	0,24	2,22	1,78	1,00	0,52
m.PB [μV]	0,81	0,03	7,78	8,19	1,67	1,23	19,58	18,41	2,11	1,64
m.Sol [μV]	0,73	0,08	2,15	1,21	0,46	0,24	3,23	2,01	0,67	0,52
m.BF [μV]	0,61	0,14	0,87	0,79	1,40	1,61	1,49	1,33	2,22	2,86
m.Semi [μV]	0,68	0,12	3,29	2,56	2,63	3,47	4,82	3,30	2,71	2,95

Legenda: B_Po – skupina baletních tanečnic a tanečnic po rehabilitaci; viz Tabulka 27.

Tabulka 30. Statisticky a věcně významné rozdíly v EMG aktivitě mezi kontrolní skupinou a skupinou baletních tanečnic a tanečnic před rehabilitací

KC x B_Před		BS	POO	LOO	POZ	LOZ
m.TA [μV]	Mann Whitney U test - p	0,057	0,003	0,284	0,131	0,927
	Cohenovo d	0,98	1,08	0,41	0,49	0,48
m.PL [μV]	Mann Whitney U test - p	0,976	0,522	0,693	0,257	0,257
	Cohenovo d	0,02	0,66	0,33	0,78	0,02
m.PB [μV]	Mann Whitney U test - p	0,018	0,483	0,343	0,976	0,693
	Cohenovo d	0,91	0,20	0,67	0,24	0,32
m.Sol [μV]	Mann Whitney U test - p	0,324	0,695	0,431	0,744	0,431
	Cohenovo d	0,55	0,43	0,57	0,48	0,15
m.GM [μV]	Mann Whitney U test - p	0,976	0,522	0,693	0,257	0,257
	Cohenovo d	0,07	0,20	0,45	0,04	0,10
m.GL [μV]	Mann Whitney U test - p	0,410	0,257	0,232	0,648	0,784
	Cohenovo d	0,46	0,61	0,62	0,41	0,16
m.RF [μV]	Mann Whitney U test - p	0,410	0,042	0,343	0,077	0,410
	Cohenovo d	0,35	1,01	0,61	0,59	0,16
m.BF [μV]	Mann Whitney U test - p	0,563	0,976	0,522	0,648	0,343
	Cohenovo d	0,07	0,20	0,18	0,34	0,08
m.Semi [μV]	Mann Whitney U test - p	0,879	0,042	0,410	0,208	0,131
	Cohenovo d	0,04	0,88	0,25	0,28	0,27

Legenda: B_Před – skupina baletních tanečnic a tanečnic před rehabilitací; viz Tabulka 27.

Tabulka 31. Statisticky a věcně významné rozdíly ve svalové aktivitě u skupiny baletních tanečnicků a tanečnic před a po rehabilitaci

KC x B_Po		BS	POO	LOO	POZ	LOZ
m.TA [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,057	0,008	0,343	0,648	0,284
	Cohenovo d	0,76	0,90	0,78	0,32	0,01
m.PL [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,784	0,410	0,648	0,313	0,784
	Cohenovo d	0,24	0,56	0,26	0,65	0,20
m.PB [μ V]	Mann Whitney U test - p	1,000	0,522	0,648	0,208	0,738
	Cohenovo d	0,24	0,49	0,41	0,70	0,39
m.Sol [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,976	0,563	0,446	0,738	0,832
	Cohenovo d	0,16	0,38	0,54	0,34	0,29
m.GM [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,148	0,738	0,313	0,784	0,313
	Cohenovo d	0,65	0,17	0,68	0,14	0,53
m.GL [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,446	0,563	0,088	0,186	0,483
	Cohenovo d	0,15	0,56	0,71	0,75	0,52
m.RF [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,832	0,030	0,088	0,006	0,648
	Cohenovo d	0,34	1,09	0,74	0,94	0,38
m.BF [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,077	0,522	0,376	0,605	0,343
	Cohenovo d	0,69	0,20	0,29	0,23	0,12
m.Semi [μ V]	Mann Whitney U test - p	0,410	0,208	0,343	0,049	0,042
	Cohenovo d	0,58	0,62	0,09	0,34	0,19

Legenda: B_Před – skupina baletních tanečnicků a tanečnic před rehabilitací; B_Po – skupina baletních tanečnicků a tanečnic před rehabilitací; viz Tabulka 27.

Tabulka 32. Statisticky a věcně významné rozdíly ve svalové aktivitě mezi kontrolní skupinou a skupinou baletních tanenčků a tanečnic porehabilitaci

B_Před x B_Po		BS	POO	LOO	POZ	LOZ
TA [μ V]	Wilcoxon - p	0,646	0,386	0,114	0,508	0,241
	Cohenovo d	0,29	0,40	0,96	0,20	0,78
m.PL [μ V]	Wilcoxon - p	0,959	0,721	0,878	0,333	0,386
	Cohenovo d	0,23	0,16	0,38	0,24	0,33
m.PB [μ V]	Wilcoxon - p	0,037	0,203	0,093	0,386	0,508
	Cohenovo d	1,04	0,53	0,88	0,50	0,13
m.GM [μ V]	Wilcoxon - p	0,047	0,285	0,333	0,646	0,114
	Cohenovo d	0,74	0,30	0,32	0,08	0,46
m.GL [μ V]	Wilcoxon - p	0,799	0,959	0,799	0,445	0,169
	Cohenovo d	0,34	0,05	0,42	0,26	0,63
m.Sol [μ V]	Wilcoxon - p	0,859	0,314	0,953	0,374	0,214
	Cohenovo d	0,27	0,03	0,13	0,15	0,36
m.RF [μ V]	Wilcoxon - p	0,959	0,959	0,575	0,721	0,093
	Cohenovo d	0,46	0,29	0,24	0,34	0,90
m.BF [μ V]	Wilcoxon - p	0,022	0,333	0,508	0,646	0,878
	Cohenovo d	0,72	0,02	0,09	0,16	0,03
m.SEMI [μ V]	Wilcoxon - p	0,114	0,203	0,203	0,959	0,386
	Cohenovo d	0,48	0,23	0,13	0,08	0,07

Legenda: B_Před – skupina baletních tanečků a tanečnic před rehabilitací; B_Po – skupina baletních tanečků a tanečnic před rehabilitací; viz Tabulka 27.

Příloha 2 Souhlas etické komise



**Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUC**

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 21.12.2011 byl projekt výzkumné práce (aplikovaného výzkumu) autorky **Mgr. Markéty Procházkové**

s názvem

Biomechanická analýza chůze a hodnocení zatížení nohy u profesionálních tanečníků

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 60/2011
dne: 27.12.2011.

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Ředitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně
razítko fakulty

Příloha 3 Informovaný souhlas probandů s měřením a zpracováním dat

Informovaný souhlas

Název projektu: **Biomechanická analýza chůze a hodnocení zatížení nohy u profesionálních tanečníků**

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii.

Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.

Porozuměl(a) jsem tomu, že mou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Účast ve studii je dobrovolná.

Při zařazení do studie budou má osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.

Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

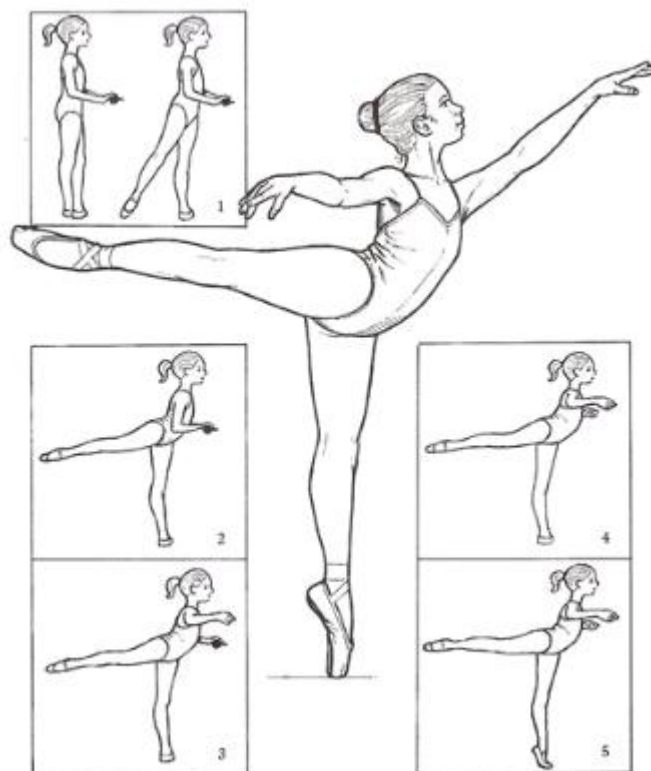
Datum:

Datum:

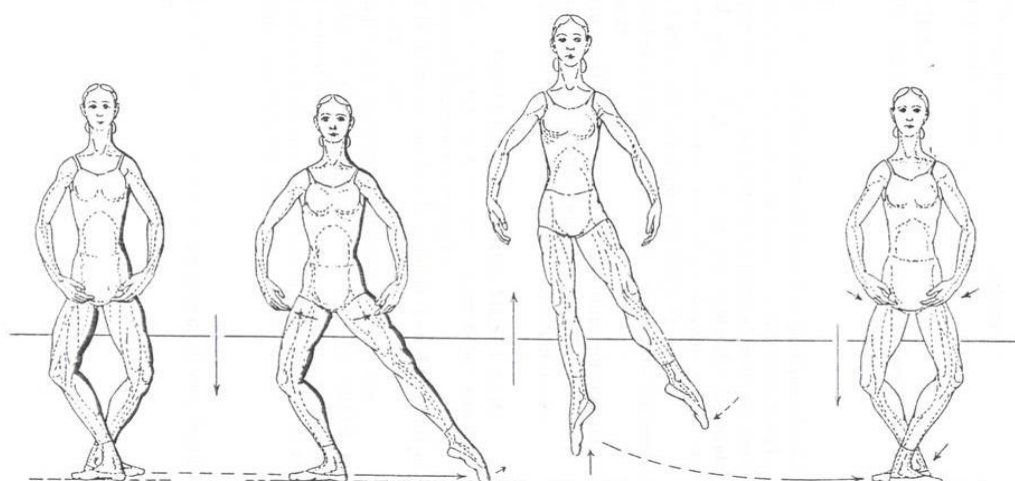
Podpis účastníka:

Podpis osoby pověřeného touto studií:

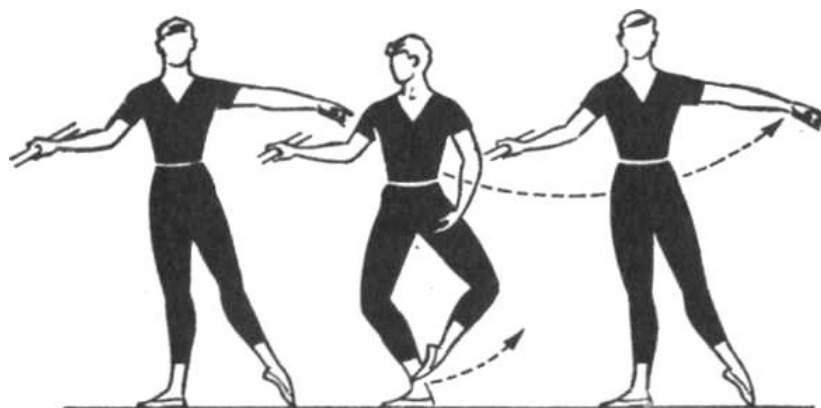
Příloha 4 Jednotlivé baletní pozice



Obrázek 4. Arabesque – póza na jedné dolní končetině, přičemž druhá DK je zanožena a tvoří s tělem ladnou křivku. Existuje více druhů (Green & Denler, 2003).



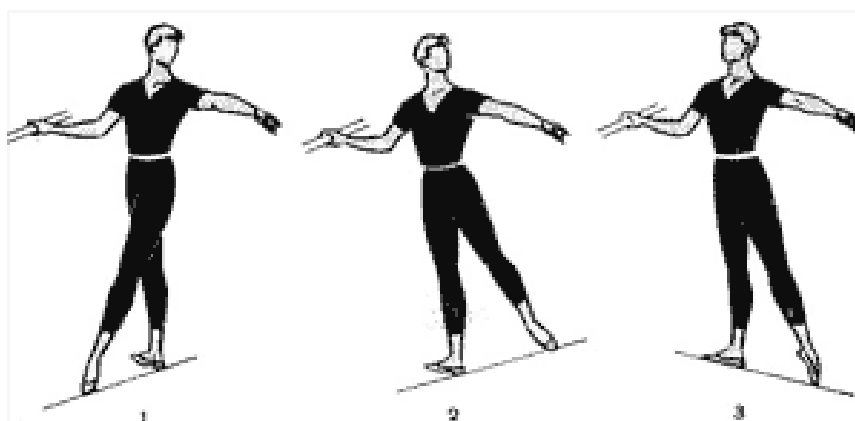
Obrázek 5. Assemblé – skok, při kterém se nohy před dopadem do páté pozice spojí. Jedná se o prvek složený z více tanečních kroků (Kirstein & Stuart, 1952).



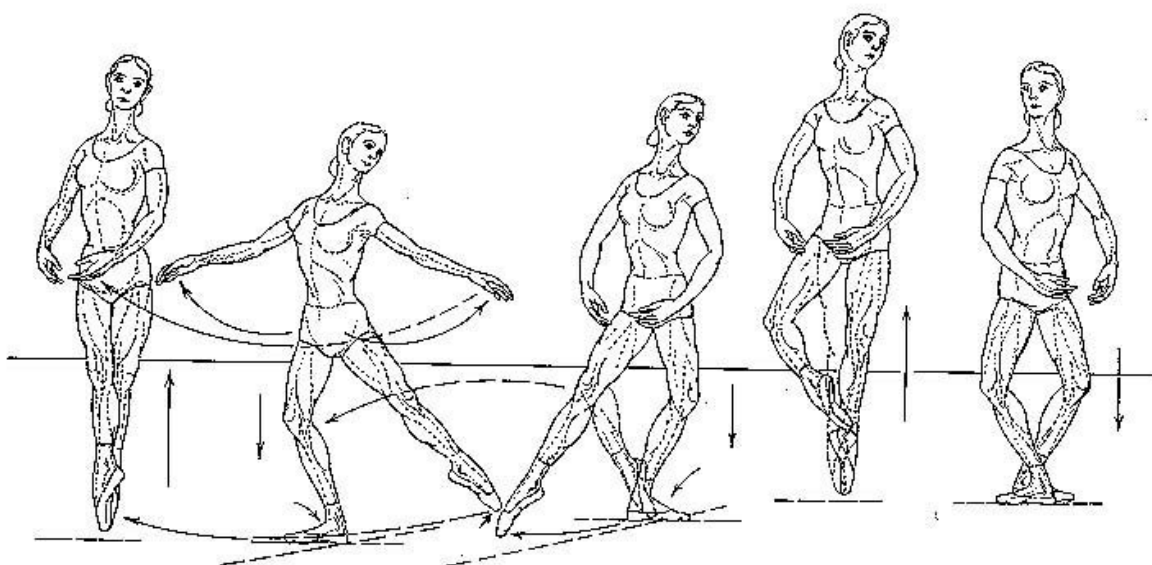
Obrázek 6. *Battement Fondu* – plynulý, táhlý pohyb. Stojná noha se pokrčí do demi-plié, kročná se přiloží na cou de pied, následně se obě DK současně narovnávají. Pracující noha jde dopředu, do strany či dozadu a končí ve vzduchu (Tarasov, 1983).



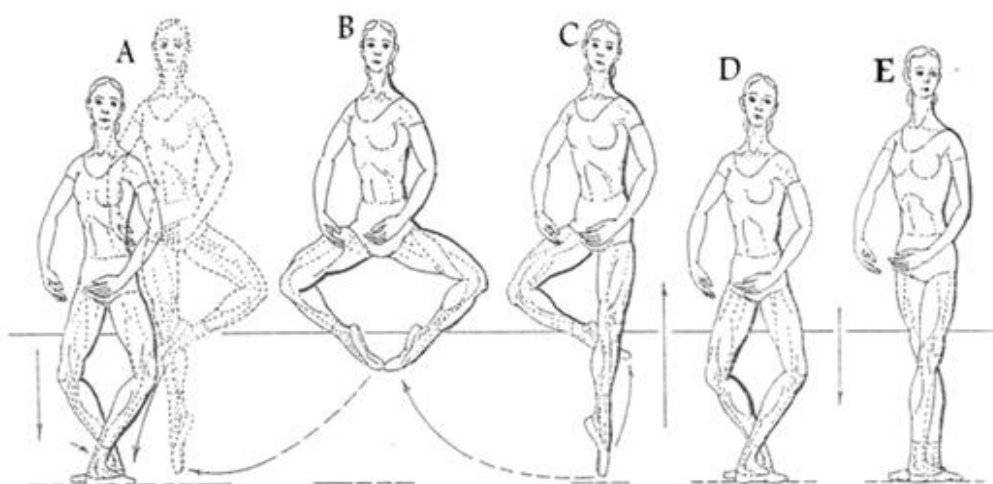
Obrázek 7. *Battement Frappé* – energický rychlý pohyb kročnou DK z cou de pied do nízkého natažení vpřed, do strany nebo dozadu (Tarasov, 1983).



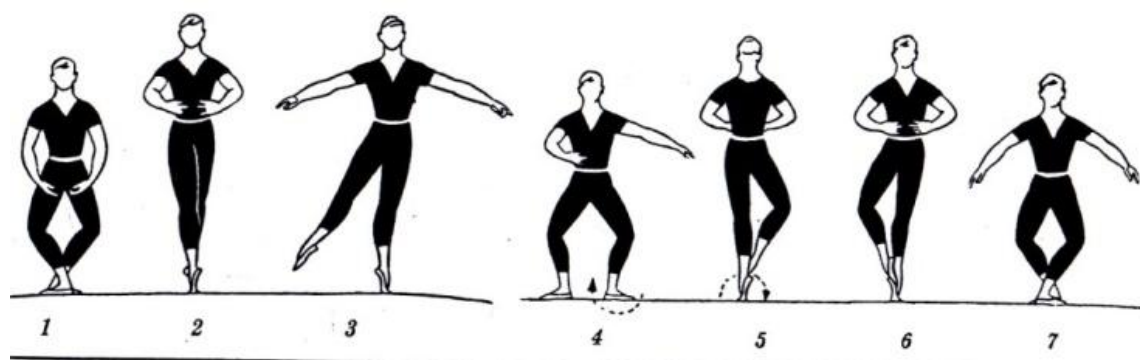
Obrázek 8. *Battement Tendu* – krok, ve kterém se pracující noha sune po podložce až do propnutí nártu. Je základem všech typů battementů (Tarasov, 1983).



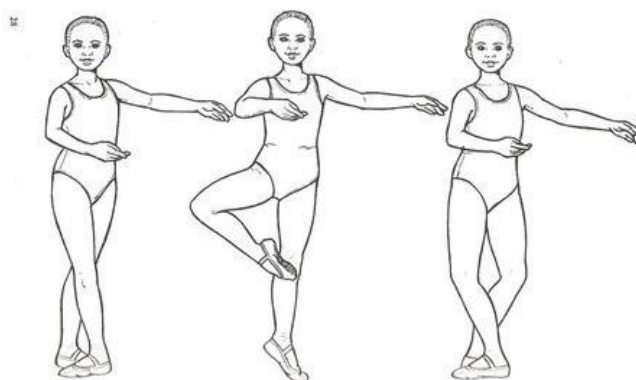
Obrázek 9. Chassé – honivý, poskočný krok (Kirstein & Stuart, 1952).



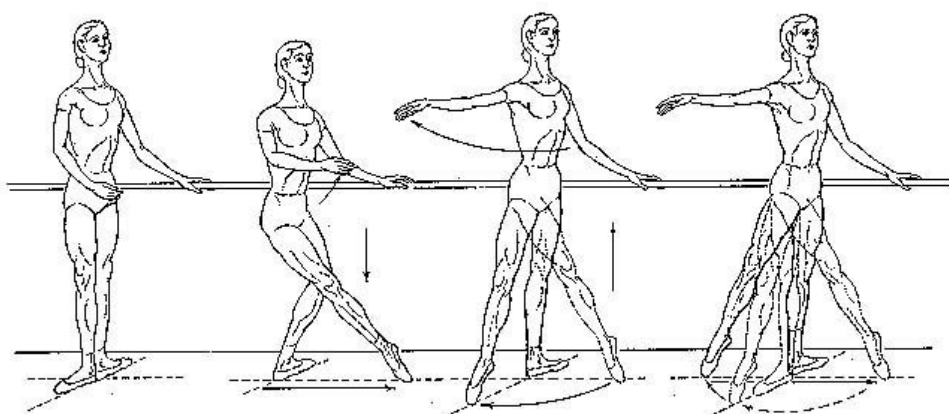
Obrázek 10. Pas de Chat – kočičí krok (Kirstein & Stuart, 1952).



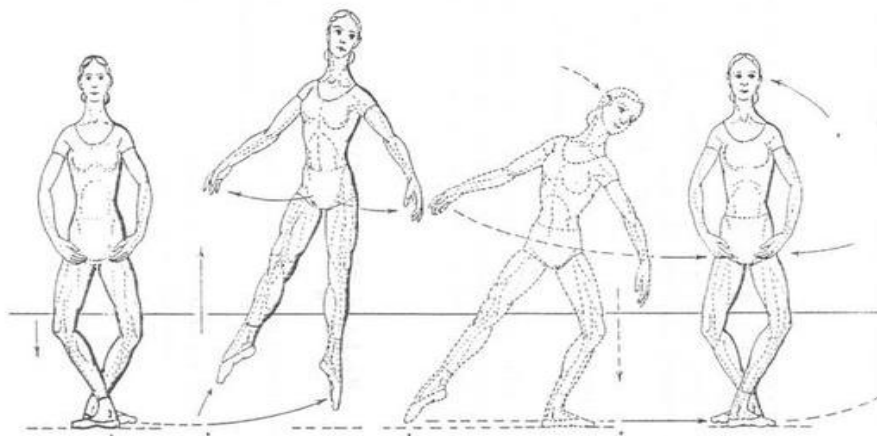
Obrázek 11. Pirouette – způsob otáčení na jedné DK. V klasickém tanci se dělí na velké (kročná DK je zdvižena do 90°) a malé (kročná noha je v poloze sur le cou-de-pied)(Tarasov, 1983).



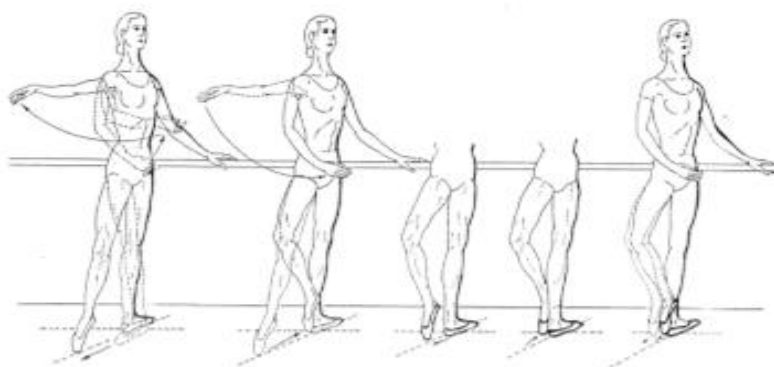
Obrázek 12. Retiré – špička kročné DK je elevována ze zavřené pozice nohou těsně pod koleno (Green & Denler, 2003).



Obrázek 13. Rond de Jambe – krouživý pohyb opisovaný špičkou nohy. Pohyb vychází z kyčelního kloubu, koleno je extendováno a horní polovina těla zůstává nehybná (Kirstein & Stuart, 1952).



Obrázek 14. *Sissioné – druh skoku, který začíná na obou dolních končetinách (Kirstein & Stuart, 1952).*



Obrázek 15. *Cou-de-pied – pozice kročné nohy na kotníku nebo kolem kotníku nohy stojné (Kirstein & Stuart, 1952).*