

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta telesnej kultúry

SVALOVÉ SYNERGIE NOHY PRI CHÔDZI U PROFESIONÁLNYCH
BALETNÝCH TANEČNÍKOV

Diplomová práca
(magisterská)

Autor: Bc. Soňa Radošovská, špecializácia v zdravotníctve,
fyzioterapia

Vedúca práce: Mgr. Markéta Procházková

Olomouc 2016

Meno a priezvisko autora: Bc. Soňa Radošovská

Názov diplomovej práce: Svalové synergie nohy pri chôdzi u profesionálnych baletných tanečníkov

Pracovisko: Katedra prírodných vied v kinantropológii

Vedúca diplomovej práce: Mgr. Markéta Procházková

Rok obhajoby diplomovej práce: 2016

Abstrakt: Dlhodobé vykonávanie baletného tanca na profesionálnej úrovni, a s ním častokrát spojené až patologické preťažovanie pohybového aparátu, sa môže premietnuť do bežných denných činností a teda aj do chôdze baletného tanečníka. Cieľom výskumu bolo objektivizovať špecifiká v prevedení chôdze baletných tanečníkov na základe hodnotenia svalovej aktivity vybraných svalov a zároveň určiť vplyv rehabilitačnej terapie na prevedenie chôdze baletných tanečníkov. Výskumný súbor tvorilo 13 baletných tanečníkov Moravského divadla v Olomouci v priemernom veku $24,4 \pm 3,8$ rokov; výške $171,5 \pm 11$ cm a hmotnosti $61,3 \pm 13,3$ kg. Kontrolnú skupinu tvorili náhodne vybraní ľudia bežnej populácie v rovnakom počte s priemerným vekom $23 \pm 1,7$ rokov, výškou $172,4 \pm 11,5$ cm a hmotnosťou $68,4 \pm 10,7$ kg. Na meranie svalovej aktivity bola použitá bezdrôtová povrchová elektromyografia firmy Delsys® (Boston, USA). Štatisticky významné rozdiely v prevedení chôdze baletných tanečníkov pred terapiou v porovnaní s kontrolnou skupinou sme zistili: m. biceps femoris jeho aktivita bola u baletných tanečníkov nižšia v porovnaní s kontrolnou skupinou, m. gastrocnemius lateralis jeho aktivita bola u baletných tanečníkov vyššia ako u kontrolnej skupiny, m. tibialis anterior jeho aktivita bola u baletných tanečníkov nižšia v porovnaní s kontrolnou skupinou. Štatisticky významné rozdiely v prevedení chôdze baletných tanečníkov po terapii v porovnaní s kontrolnou skupinou sme zistili: m. gastrocnemius lateralis jeho aktivita bola u baletných tanečníkov vyššia ako u kontrolnej skupiny, m. peroneus brevis jeho aktivita bola u baletných tanečníkov vyššia v porovnaní s kontrolnou skupinou, m. peroneus longus jeho aktivita bola u baletných tanečníkov vyššia v porovnaní s kontrolnou skupinou, m. semitendinosus jeho aktivita bola u baletných tanečníkov vyššia ako u kontrolnej skupiny. Štatisticky významné rozdiely v prevedení chôdze baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii sme zistili u m. peroneus brevis, kedy sa jeho aktivita po rehabilitačnej terapii zvýšila.

Kľúčové slová: balet, chodidlo, krokový cyklus, povrchová elektromyografia, fyzioterapia

Súhlasím s požičiavaním diplomovej práce v rámci knižničných služieb.

Author's name and surname: Bc. Soňa Radošovská

Title of diploma thesis: Muscular synergy of foot by gait of professional ballet dancers

Department: Department of nature sciences of kinanthropology

Supervisor: Mgr. Markéta Procházková

Year of presentation: 2016

Abstract: Long lasting ballet practice of professional ballet dancer liaised with patologic overloading of locomotor system may have impact on common daily activities, gait included. The aim of the research was to settle specific features in gait of ballet dancers based on muscular activity of selected muscles and to demonstrate the influence of physiotherapy on gait of ballet dancers. Experimental group was created by 13 ballet dancers of Bohemian theatre in Olomouc having $24,4 \pm 3,8$ years in average, height of $171,5 \pm 11$ cms and weight $61,3 \pm 13,3$ kgs. Control group was created by the same number of participants of random selection from common population in age of $23 \pm 1,7$, height $172,4 \pm 11,5$ cms and weight $68,4 \pm 10,7$ kgs. Muscular activity was measured by Delsys® (Boston, USA) wireless surface electromyography . Statistically significant differences in gait between ballet dancers before therapy and control group were as follows: m. biceps femoris activity by ballet dancers was lower than by control group, m. gastrocnemius lateralis activity by dancers was higher than by control group and m. tibialis anterior activity was lower by ballet dancers than by control group. Statistically significant differences in gait between ballet dancers after therapy and control group were as follows: m. gastrocnemius lateralis activity was higher by ballet dancers than by control group, m. peroneus brevis activity was higher by dancers than by control group, m. peroneus longus activity was higher by dancers than by control group, m. semitendinosus activity was higher by ballet dancers than by control group. Statistically significant differences in gait by ballet dancers before and after therapy were observed by m. peroneus brevis, whereas his activity after therapy was increased.

Key words: ballet, foot, gait cycle, surface electromyography, physiotherapy

I give my consent to use this diploma thesis for library service.

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracovala samostatne pod vedením Mgr. Markéty Procházkovej a uviedla všetky použité literárne a odborné zdroje a dodržiavala zásady vedeckej etiky.

V Olomouci dňa.....

.....

Ďakujem Mgr. Markéte Procházkovej za odborné vedenie mojej diplomovej práce a cenné rady, taktiež za možnosť realizácie tejto práce v rámci jej vedeckého výskumu a ďalej za to, že diplomová práca mohla byť spracovaná v rámci projektu „Biomechanická analýza chôdze a hodnotenie zaťaženia nohy u profesionálnych tanečníkov“ (interný grant Fakulty telesnej kultúry FTK_2012:031).

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	PREHLAD POZNATKOV	9
2.1	Chôdza.....	9
2.1.1	Krokový cyklus	9
2.1.2	Kinematika krokového cyklu	11
2.1.3	Aktivita svalov počas krokového cyklu	13
2.1.4	Svalové slučky a svalové reťazce.....	18
2.1.5	Kineziológia vybraných svalov	19
2.2	Neurofyziológia riadenia pohybu.....	20
2.2.1	Riadenie lokomócie.....	22
2.2.2	Svalové synergie	23
2.3	Balet	24
2.3.1	História baletu	24
2.3.2	Baletná terminológia	24
2.3.3	Vplyv baletu na muskuloskeletálny systém	26
2.4	Povrchová elektromyografia	32
3	CIELE A VÝSKUMNÉ OTÁZKY	34
3.1	Cieľ výskumu	34
3.2	Čiastkové ciele	34
3.3	Výskumné otázky.....	34
4	METODIKA	35
4.1	Výskumný problém.....	35
4.2	Charakteristika súboru	35
4.3	Zber dát	35
4.4	Rehabilitačná terapia.....	37
4.5	Popis meracích techník	37

4.6	Štatistické spracovanie dát	37
5	VÝSLEDKY	38
5.1	Výsledky k výskumnej otázke č.1:.....	38
5.1.1	Súbor baletných tanečníkov pred rehabilitačnou terapiou a kontrolná skupina..	38
5.1.2	Súbor baletných tanečníkov po terapii a kontrolná skupina	47
5.2	Výsledky k výskumnej otázke č.2:.....	56
5.2.1	Súbor baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii	56
6	DISKUSIA.....	66
7	ZÁVERY	70
8	SÚHRN.....	71
9	SUMMARY	72
10	REFERENČNÝ ZOZNAM	73
11	PRÍLOHY	77

1 ÚVOD

Baletní tanečníci při stvárnení umeleckého tanca na javisku, vykonávajú vrcholový šport a svoje maximálne silové výkony a námahu skrývajú za úsmev a ladný pohyb. Možno práve z dôvodu ľahkosti akou ich javiskový pohyb pôsobí, je ich muskuloskeletálnemu systému venovaná tak malá pozornosť a potrebná starostlivosť.

Hoci je v doterajších výskumoch, vykonaných na baletných tanečníkoch, vidieť záujem odbornej verejnosti o vplyv baletného tanca na ich pohybový systém, chýbajú výskumy, zaoberajúce sa problematikou premietnutia baletného tanca do chôdze, ako najbežnejšieho pohybového prejavu človeka.

Chôdza každého zdravého jedinca má určité špecifiká, podľa ktorých sa od seba navzájom odlišujeme a vďaka ktorým, sa môžeme aj na diaľku identifikovať. Takisto aj chôdza baletných tanečníkov je na prvý pohľad iná od chôdze bežnej populácie a vďaka tejto odlišnosti je možné spoznať baletného tanečníka aj v bežnom živote.

Vychádzajúc z tejto empirie, sme si v našom výskume stanovili za cieľ objektivizovať špecifiká v prevedení chôdze baletných tanečníkov na základe hodnotenia svalovej aktivity vybraných svalov. Súčasťou výskumu bolo určiť vplyv rehabilitačnej terapie na prevedenie chôdze baletných tanečníkov.

2 PREHEAD POZNATKOV

2.1 Chôdza

Smidt definuje chôdzu ako spôsob pohybu tela z jedného miesta na druhé, striedavým a opakujúcim menením polohy chodidla, za podmienky, že aspoň jedno chodidlo je v kontakte s povrchom zeme, po ktorej človek kráča (Smidt, 1990).

Ak pozorujeme chôdzu, pripadá nám ako jednoduchý alternujúci pohyb; pri jeho analýze však zistíme, že ide o zložitý sekvenčný pohyb prebiehajúci cyklicky podľa určitého časového timingu. Tento zložitý pohybový úkon ovplyvňuje celý pohybový systém od hlavy až k päte, a tým sa dokonale prispôsobuje zložitému tvaru i vlastnostiam terénu, v ktorom chôdza prebieha (Véle, 2006).

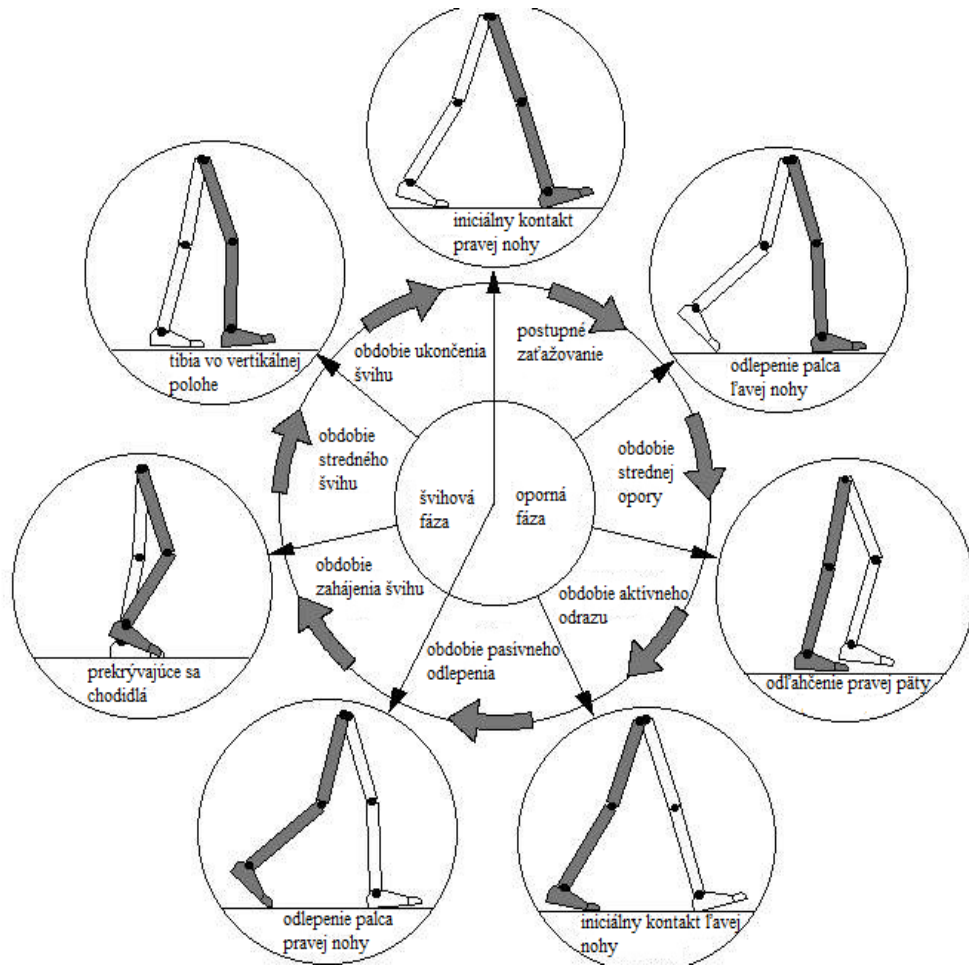
Whittle popisuje šesť determinantov chôdze, ktoré eliminujú nadmerné vychýlenie tela zo svojho ťažiska počas chôdze, čím napomáhajú jej ekonomickejšiemu prevedeniu. Medzi tieto determinanty patrí: schopnosť rotability a zošíkmenia panvy, flexia kolenného kĺbu, členkové a chodidlové mechanizmy zahŕňajúce efektívne skracovanie a predlžovanie dolnej končatiny počas opornej a švihovej fázy krokového cyklu. Posledným determinantom je eliminácia stranových exkurzií tela (Whittle, 2007).

2.1.1 Krovový cyklus

Chôdza má tri hlavné časti: zahajovaciu fázu, cyklickú fázu a fázu ukončenia. Počas cyklickej fázy vykonáva dolná končatina (DK) opakované pohyby, ktoré je možné popísať v rámci krokového cyklu (Vařeka, Vařeková, 2009).

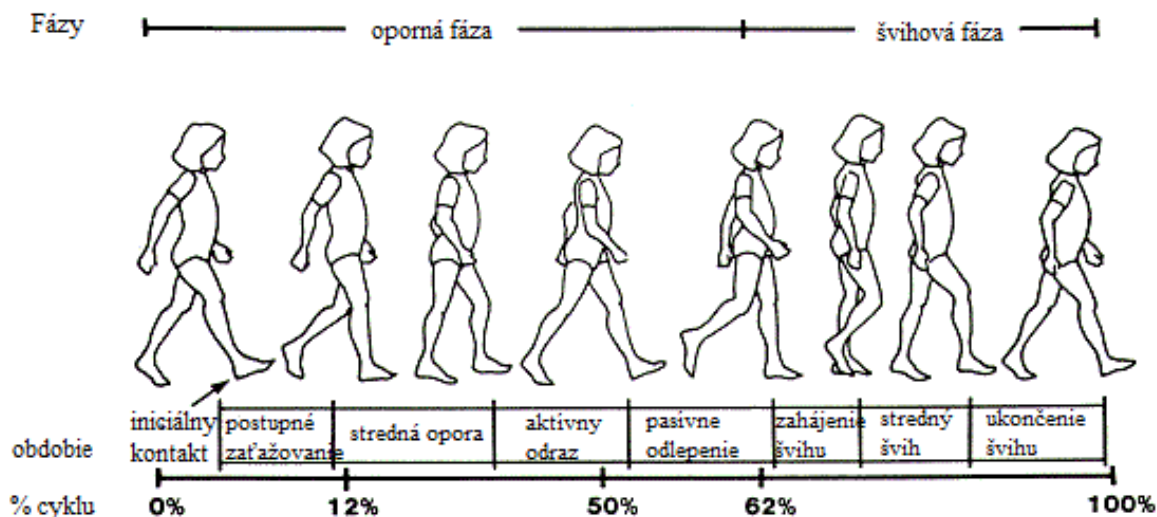
Whittle popisuje krovový cyklus ako sériu udalostí, ktorá sa začína iniciálnym kontaktom jednej DK- na príklade pravá DK, a končí opätovným iniciálnym kontaktom pravej DK, počas ktorého ľavá DK prechádza tým istým sledom udalostí ako pravá, len v jednotke času o polovicu cyklu neskôr. Jednotlivé fázy krokového cyklu sú graficky znázornené na obrázku 1:

- Iniciálny kontakt pravej nohy
- Odlepenie palca ľavej nohy
- Odľahčenie pravej päty
- Iniciálny kontakt ľavej nohy
- Odlepenie palca pravej nohy
- Prekrývajúce sa chodidlá
- Tibia vo vertikálnej polohe (Whittle, 2007)



Obrázok 1. Pozície dolných končatín počas jedného krokového cyklu (pravá DK sivá, ľavá DK biela) (Whittle, 2007).

Krokový cyklus má dve hlavné fázy - opornú a švihovú. Oporná fáza začína kontaktom päty. Po ňom nasleduje obdobie postupného zaťažovania, ktoré trvá až do okamžiku polozenia celej nohy na zem. Nasleduje obdobie strednej opory, ktoré končí okamžikom odlepenia päty, kedy sa začína obdobie aktívneho odrazu, ktoré je najdôležitejšie pre pohyb vpred. Posledné je obdobie pasívneho odlepenia končiace okamžikom zdvihnutia palca od podložky. Švihovú fázu rozdelujeme na obdobie zahájenia švihu, stredného švihu a ukončenia švihu. Počas chôdze je možné určiť fázu dvojitej opory a fázu jednej opory. Krok je vzdialenosť medzi miestami dopadu pravej a ľavej päty a dvojkrok je vzdialenosť medzi miestami dopadu päty jednej dolnej končatiny na začiatku a konci jej krokového cyklu (Vařeka, Vařeková, 2009).



Obrázok 2. Krokový cyklus rozdelený v opornej fáze do piatich období a v švihovej fáze do troch (Anonymous 1).

2.1.2 Kinematika krokového cyklu

Panva počas chôdze vykonáva nasledovné pohyby: rotáciu, flexiu, extenziu, inklináciu, pohyb v sakroiliakálnych kĺboch a pohyb medzi piatym driekovým stavcom a prvým krížovým stavcom (Véle, 2006). Rotuje na stranu novej opornej dolnej končatiny, resp. frontálna rovina panvy sa postupne stáča na stranu novej opornej končatiny, teda do vnútornej rotácie v bedrovom kĺbe náročnej dolnej končatiny (Vařeka, Vařeková, 2009).

Bedrový kĺb ukazuje vlastný cyklus pohybu. Pri iníciaálnom kontakte päty so zemou je v rámci krokového cyklu v maximálnej flexii približne 25° a postupne prechádza do extenzie, kde svoje maximum pohybu dosahuje približne v extenzii 10° v polovici krokového cyklu, keď nastane iníciaálny kontakt kontralaterálnej dolnej končatiny. Po dosiahnutí maximálnej extenzie sa bedrový kĺb začne opäť flektovať až dosiahne novú maximálnu flexiu čo je zhruba v 80 – 85 % krokového cyklu (Oatis, 2009). Pred iníciaálnym kontaktom je bedrový kĺb vo vonkajšej rotácii, ktorá pretrváva v prvej časti opornej fázy. Potom nastáva vnútorná rotácia pretrvávajúca až do obdobia odrazu. Počas švihovej fázy dochádza k návratu vonkajšej rotácie v bedrovom kĺbe (Vařeka, Vařeková, 2009)

Kolenný kĺb ukazuje nepatrne väčší súbor pohybových vzorcov. Počas opornej fázy krokového cyklu sa kolenný kĺb flektuje v rozsahu $10^\circ - 20^\circ$ ihneď po iníciaálnom

kontakte a teda v okamžiku polozenia celej plosky na zem dosahuje maximálnu flexiu v rámci tohto obdobia, čo je asi v 15 % krokového cyklu. Flexia v kolennom kĺbe je v súlade s vnútornou rotáciou predkolenia a addukciou talu, ktoré sú vyvolané pronáciou v subtalárnom kĺbe tzv. pántovým mechanizmom (Vařeka, Vařeková, 2009). Po položení celého chodidla na zem sa kolenný kĺb začne extendovať a maximálnu extenziu (3° flexie v kolennom kĺbe) dosiahne asi v 40 % krokového cyklu, keď sa päta zdvihne od zeme. Opäť nasleduje flexia kolenného kĺbu a maximum dosahuje približne v 70° v období stredného švihu, čo je zhruba v 75 % krokového cyklu. Kolenný kĺb sa vracia do extenzie a maximálnu extenziu dosahuje pred novým iniciálnym kontaktom (Oatis, 2009).

Členkový kĺb tiež ukazuje samostatné sledy pohybov. Iniciálny kontakt nastáva v takmer neutrálnej polohe členkového kĺbu, buď v ľahkej plantárnej alebo dorzálnej flexii. Dôsledkom kontaktu sa plantárna flexia zväčší o 5° – 10°, dosahujúc maximum v dobe 5 % krokového cyklu. V supinovanom subtalárnom kĺbe dochádza k pronácii a v transverzotarzálnom kĺbe naopak prebieha relatívna supinácia predonožia okolo longitudinálnej osy vzhľadom k výrazne pronujúcemu zánožiu. V období strednej opory, keď sa telo pohybuje cez zaťažené chodidlo, prebieha pasívna dorzálna flexia členkového kĺbu a dosiahne maximum krátko potom, ako sa kolenný kĺb plne extenduje. V subtalárnom kĺbe začína supinácia, v transverzotarzálnom kĺbe dochádza k relatívnej pronácii. V období aktívneho odrazu pokračuje v subtalárnom kĺbe supinácia a v transverzotarzálnom kĺbe pokračuje relatívna pronácia okolo longitudinálnej osy. Všetky tieto faktory (supinácia zánožia, relatívna pronácia predonožia, ťah m. peroneus longus a ťah plantárnej aponeurózy) vedú k spevneniu transverzotarzálného kĺbu a vytvoreniu pevnej páky nohy, cez ktorú sa môže plne uplatniť ťah lýtkových svalov (Vařeka, Vařeková, 2009). Obnovenie plantárnej flexie členku nastane po odlepení palca od zeme a plantárna flexia dosiahne približne 20°. Vo fáze švihu je členkový kĺb v ľahkej dorzálnej flexii, ale tiež môže ostať v ľahkej plantárnej flexii (Oatis, 2009). Päťová kosť prominuje (aktivitou m. extensor digitorum longus) a aktivitou m. tibialis anterior dôjde tesne pred novým iniciálnym kontaktom k supinácii. Transverzotarzálny kĺb je najprv maximálne pronovaný a pred dopadom päty dôjde k jeho supinácii (Vařeka, Vařeková, 2009).

Počas chôdze je zvýraznená funkcia oblúkov nohy práve ako elastických absorberov nárazov. Kapandji popisuje odvíjanie kroku a následnú reakciu nožnej klenby naň v štyroch fázach:

- kontakt so zemou
- maximálny kontakt so zemou
- prvé a druhé štádium aktívneho odrazu

V prvej fáze, keď nastane iniciálny kontakt prednej dolnej končatiny sa chodidlo dotkne zeme päťou. Následne sa chodidlo dotkne zeme celou svojou plochou a členok sa pasívne extenduje. V druhej fáze zaťažovania chodidla je ploska nohy v kontakte so zemou celou svojou plochou a dochádza k plnému preneseniu hmotnosti tela na chodidlo opornej dolnej končatiny. To oploští a predĺži nožnú klenbu, ktorá je ale kontrolovaná aktivitou plantárnych šliach (prvé štádium pohltenia nárazu). Postupným zaťažovaním chodidla sa opora posúva viac anteriorne až nakoniec dôjde k odlepeniu päty od podložky. V tretej fáze (prvé štádium aktívneho odrazu) je hmotnosť tela prenesená na prednú časť chodidla a kontrakciou extenzorov členku, obzvlášť musculus (m.) triceps surae, sa päta zdvihne od podložky. Klenba, ktorá je v kontakte so zemou vo svojej anteriornej časti, sa vďaka intervencii plantárnych šliach nesploští, napriek posteriorne pôsobiacej svalovej sile a hmotnosti tela uprostred. Je to druhá časť absorpcie nárazu klenbou, ktorá umožní ponechať časti síl m. triceps surae na pohyb vpred. Ide tiež o moment, kedy je telo nesené vpred prednou časťou chodidla, ktorého predný oblúk je pri ohýbaní chodidla oploštený a predná časť chodidla je zošikmená laterálne. V štvrtej fáze (druhé štádium aktívneho odrazu) sa noha dvíha ešte viac dopredu a už nie je podporovaná hlavičkami tarzálnych kostí, ale len prvými tromi prstami, zvlášť palcom, ako poslednou fázou opory. Klenba sa neoploští vďaka plantárnym šľachám, zahŕňajúcim flexory prstov okrem iných. V tomto štádiu sa energia nahromadená v šľachách uvoľní. Chodidlo opúšťa zem a druhé chodidlo začína nový krok. Takže obidve chodidlá sú v kontakte so zemou na veľmi krátky čas (štádium dvojitej opory). V ďalšej fáze jednej opory sa klenba vracia do svojej pôvodnej polohy (Kapandji, 1998).

2.1.3 Aktivita svalov počas krokového cyklu

Anatómia, molekulárna a chemická štruktúra svalov umožňuje biologicky vhodný zdroj sily pre ľudskú lokomóciu, ktorá je kontrolovaná centrálnym a periférnym

nervovým systémom. Svaly produkujú aktívny pohyb premenou metabolickej energie v svalových vláknach pomocou glykolytického a oxidatívneho metabolizmu (Rose, Gamble, 1994).

Počas opornej fázy krokového cyklu sú primárnymi stabilizátormi bedrového kĺbu extenzory a abduktory a v švihovej fáze krokového cyklu flexory bedrového kĺbu. Adduktory sa aktivujú v období prechodu z opornej do švihovej fázy. Činnosť extenzorov bedrového kĺbu sa objavuje ku koncu obdobia stredného švihy až po obdobie postupného zaťažovania. Päť svalov podieľajúcich sa na extenzii bedrového kĺbu má počas krokového cyklu odlišný timing v poradí: m. biceps femoris a jeho dlhá hlava, m. semimembranosus, m. semitendinosus, m. adductor magnus, m. gluteus maximus (Perry, 1992).

Hamstringy (m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. biceps femoris) sa začínajú aktivovať ku koncu obdobia stredného švihy a vrchol ich aktivity je v období ukončenia švihy. Nasleduje zníženie ich aktivity, ktoré pretrváva až do iniciálneho kontaktu. Aktivita všetkých troch svalov sa po zvyšok krokového cyklu výrazne zníži. *M. adductor magnus* sa začne aktivovať pred záverom obdobia ukončenia švihy a nárast jeho aktivity je pri iniciálnom kontakte. V období postupného zaťažovania je jeho aktivita nižšia a v ďalších obdobiach krokového cyklu sa zníži ešte výraznejšie. *M. gluteus maximus* a jeho horná polovica vlákien vykonáva abdukciu bedrového kĺbu. Jeho dolné vlákna extenziu bedrového kĺbu a aktivujú sa ku koncu obdobia ukončenia švihy. Vrchol jeho aktivity je v období iniciálneho kontaktu a počas obdobia postupného zaťažovania, kde aj jeho aktivita končí. Abduktory sú ďalšou veľkou svalovou skupinou aktívnou počas prvej polovice opornej fázy. Týmito svalmi sú: m. gluteus medius, m. tensor fasciae latae a horná časť m. gluteus maximus. Vzorec aktivity m. gluteus minimus je obdobný ako m. gluteus medius. *M. gluteus medius* sa začína aktivovať na konci obdobia ukončenia švihy, intenzita jeho sily rýchlo narastá a jej vrchol je v období iniciálneho kontaktu a pretrváva až do obdobia strednej opory. Horné vlákna *m. gluteus maximus* majú podobnú aktivitu, ktorá začína v období ukončenia švihy, svoj vrchol zaznamenáva v období postupného zaťažovania a pokračuje až do obdobia strednej opory. Aktivita *m. tensor fasciae latae* je rozličná v jeho posteriornej a anteriornej časti. Aktivita posteriorných vlákien je strednej intenzity a objavuje sa na začiatku obdobia postupného zaťažovania. Aktivita anteriorných vlákien je o niečo nižšia ako aktivita posteriorných vlákien (Perry, 1992).

Anteriorne vlákna *m. tensor fasciae latae* sa v období strednej opory aktivujú o niečo neskôr ako posteriorne vlákna a taktiež majú nižšiu aktivitu, ktorá končí pred obdobím ukončenia švihu. Flexory bedrového kĺbu už nie sú, počas chôdze stredného tempa, aktívne po iniciálnom kontakte u bežnej populácie. Činnosť flexorov začína na konci obdobia aktívneho odrazu a pokračuje v období zahájenia švihu až po obdobie stredného švihu. Počas tohto obdobia sa aktivita flexorov bedrového kĺbu v ich poradí odlišuje. Najviac pretrváva aktivita *m. adduktor longus*. Začína ku koncu obdobia aktívneho odrazu a pretrváva až do obdobia zahájenia švihu. *M. rectus femoris* je aktívny počas predšvihovej fázy a na začiatku zahájenia švihu. *M. iliacus*, *m. sartorius* a *m. gracilis* majú podobné trvanie svojej aktivity, ktorá je zaznamenaná v období zahájenia švihu. Aktivita flexorov bedrového kĺbu v období stredného švihu je zriedkavá a v období ukončenia švihu sa nepreukazuje (Perry, 1992).

14 svalov podieľajúcich sa na kontrole kolenného kĺbu, sa kontrahuje vo vybraných intervaloch v rámci krokového cyklu. Ich úlohou je poskytovať stabilitu a mobilitu potrebnú pre chôdzu. Zároveň sú v pokojovom štádiu, kedykoľvek je to možné, pre zachovanie metabolickej energie, potrebnej pre vyvinutie svalovej aktivity. Počas opory extenzory svojou aktivitou spomaľujú flexiu kolenného kĺbu. Vo fáze švihu sa flexory aj extenzory podieľajú na pohybe vpred. Svalová aktivita sa mení v závislosti od jednotlivých fáz krokového cyklu. Spomedzi množstva svalov, pôsobiacich na kolenný kĺb, len šesť z nich nemá vzťah k ďalšiemu kĺbu. Medzi ne patria *m. vastus medialis*, *m. vastus intermedius*, *m. vastus lateralis*, ktoré extendujú kolenný kĺb a *m. popliteus* spolu s krátkou hlavou *m. biceps femoris*, ktoré ho flektujú. Všetky ostatné svaly okrem *m. gastrocnemius caput mediale* a *m. gastrocnemius caput laterale*, ktoré sú primárne plantárnymi flexormi členkového kĺbu, sa podieľajú na flexii alebo extenzii bedrového kĺbu. Aktivita *m. vastus medialis*, *m. vastus intermedius* a *m. vastus lateralis* začína v období ukončenia švihu a vrchol má v celom období postupného zaťažovania. V období strednej opory sa táto aktivita rapídne zníži. Aktivita *m. rectus femoris* je zaznamenaná na konci obdobia pasívneho odlepenia a na začiatku zahájenia švihu. Taktiež sa na extenzii kolenného kĺbu podieľa svojou aktivitou aj *m. gluteus maximus* skrz iliotibiálny trakt ku koncu obdobia ukončenia švihu až do polovice obdobia strednej opory. Krátka hlava *m. biceps femoris* je aktívna v období zahájenia švihu a v strednom období švihu. *M. popliteus* je aktívny vo všetkých fázach krokového cyklu okrem obdobia zahájenia švihu a stredného švihu (Perry, 1992).

Jeho najvyššia činnosť je zaznamenaná na začiatku obdobia ukončovania švihu a pokračuje aj v období postupného zaťažovania. Taktiež preukazuje vysokú aktivitu v predšvihovom období. *M. semimembranosus*, *m. semitendinosus* a dlhá hlava *m. biceps femoris*, ktoré sú v tomto prípade aktívne ako flexory kolenného kĺbu, majú najvyššiu aktivitu v neskorom období stredného švihu a v období ukončenia švihu. S nižšou aktivitou pokračujú až do počiatočného zaťažovania. *M. semimembranosus* a *m. semitendinosus* sú aktívne aj v období strednej opory. *Mm. gastrocnemii* sú aktívne v období postupného zaťažovania až po obdobie strednej opory a obdobie aktívneho odrazu. *M. sartorius* a *m. gracilis* sa podieľajú na flexii kolenného kĺbu v období zahájenia švihu až po ranné obdobie stredného švihu (Perry, 1992).

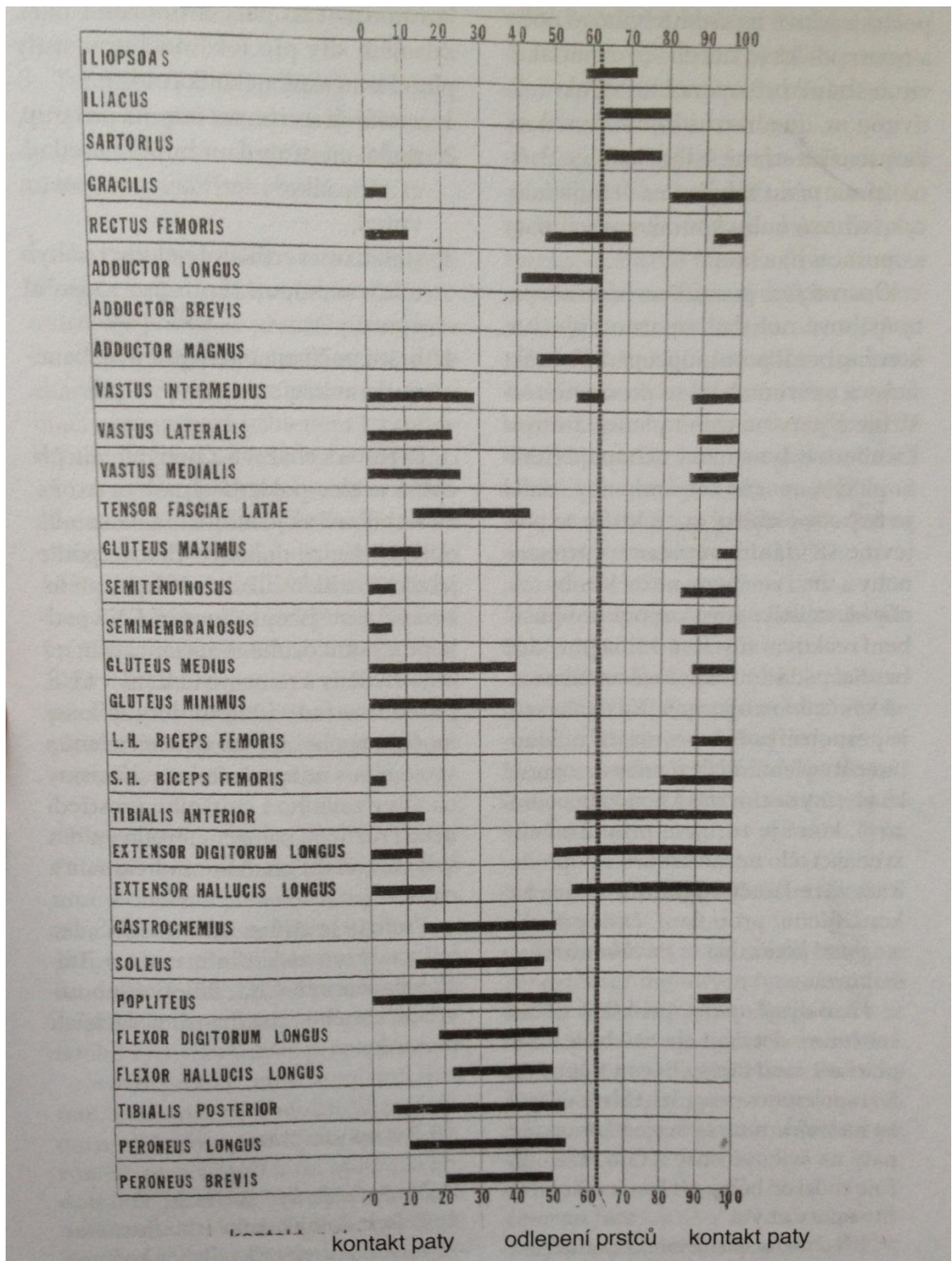
Svalová kontrola členkového kĺbu postupujúca od zánožia k predonožiu až k palcu.

Aktivita svalov vykonávajúcich inverziu:

Aktivita *m. tibialis anterior* markantne vzrastá od švihu dolnej končatiny až po obdobie postupného zaťažovania. Potom v období strednej opory rapídne klesne. Činnosť *m. tibialis posterior* je variabilnejšia. Jeho aktivita začína v ranom období postupného zaťažovania a po nej sú dve fázy jej prudkého nárastu. Prvá je na konci obdobia postupného zaťažovania a druhá je v strede aktívneho odrazu, ktorá pretrváva až do predšvihovej fázy. *M. soleus* sa aktivuje v období strednej opory s vrcholom aktivity v období aktívneho odrazu a v predšvihovej fáze jeho aktivita rýchlo klesá. *M. flexor digitorum longus* a *m. flexor hallucis longus* začínajú svoju aktivitu v období strednej opory a vrchol ich aktivity je v období aktívneho odrazu. Následne v predšvihovej fáze ich činnosť rýchlo klesá (Perry, 1992).

Aktivita svalov vykonávajúcich everziu:

M. extensor digitorum longus sa aktivuje v období postupného zaťažovania a svoju aktivitu končí na začiatku obdobia strednej opory. Aktivita *mm. gastrocnemii* narastá krátko po začiatku obdobia strednej opory a vrchol dosahuje na konci aktívneho odrazu. V predšvihovom období sa ich činnosť rapídne znižuje. *M. peroneus longus* a *m. peroneus brevis* sa aktivujú pri postupnej záťaži prednej časti chodidla a svoju aktivitu znížia v strede predšvihovej fázy. *M. abductor digiti quinti*, *m. flexor hallucis brevis* a *m. extensor digitorum brevis* sa aktivujú na začiatku obdobia strednej opory. *M. abductor hallucis*, *m. flexor digitorum brevis* a *musculi (mm.) interossei* sa aktivujú v období aktívneho odrazu (Perry, 1992).



Obrázok 3. Aktivita svalov počas krokového cyklu (Véle, 2006).

2.1.4 Svalové slučky a svalové reťazce

Väčšina bežných pohybov neprebíha v základných rovinách, ale najčastejšie diagonálne a vo viacerých segmentoch súčasne, čím vytvára svalové skupiny so spoločnou funkciou. Inak tomu nie je ani pri chôdzi. Svaly prepájajúce pohyblivý kostný segment s dvomi pevnými štruktúrami tvoria svalovú slučku, ktorá priťahuje pohyblivý segment k jednému či druhému opornému bodu alebo fixuje pevne jeho pozíciu voči oporným bodom. Svalový reťazec vzniká vzájomnou fyzikálnou i funkčnou väzbou niekoľkých svalov alebo slučiek prepojených medzi sebou fasciálnymi, šľachovými i kostnými štruktúrami do reťazca tvoriaceho samostatný zložitý útvar, ktorého funkcia je programovo riadená z centrálného nervového systému (CNS). Týchto reťazcov môže pracovať súčasne niekoľko, a tým sa značne rozširuje adaptabilita a flexibilita pohybovej sústavy ako celku. Zreťazené svaly nemusia pracovať synchronne vo všetkých svojich článkoch a CNS umožňuje sekvenčné zapájanie jednotlivých článkov podľa vopred určeného timingu, ktorým sa pohyb svalov koordinuje a tým sa dosahuje presnosť pohybu pri úspore energie. Pri analýze chôdze je potrebné mať na zreteli, že femur s tibiou tvoria dlhú vertikálnu páku, proti ktorej stojí krátke držadlo talu. Rotácia femuru v stojci sa prenáša až na postavenie nohy a naopak postavenie nohy sa cez lýtko prenáša až na panvu. Ak je v stojci femur rotovaný dovnútra, smeruje patela k palcu a rotácia femuru sa cez predkolenie prenáša na nohu, ktorú núti do pronácie, a tým sa znižuje klenba nohy. Ak je femur rotovaný do vonkajšej strany, smeruje patela k malíčku a noha má tendenciu k supinácii, a tým sa klenba nohy zvyšuje. Noha súvisí s femurom cez mm. gastrocnemii, s tibiou a fibulou vzadu cez flexory a vpredu cez extenzory a mm. peronei. Reťazec, ktorý spája nohu s hrudníkom: *os cuneiforme I – m. peroneus longus – tibia – fascia cruris – m. biceps femoris + m. adductor longus – m. obliquus abdominis internus – m. obliquus abdominis externus (kontralaterálne) – hrudník*. Z vyššie uvedeného vyplýva, že pri náleze určitej patológie v prevedení chôdze, je potrebné rozmýšľať v širších súvislostiach, pretože akum dolnej končatiny môže ovplyvniť skrz svalový reťazec celkom vzdialený segment čo samozrejme môže platiť aj v opačnom smere (Véle, 2006). Murley a kol. (2009) popisuje dopad plochonožia na svalovú aktivitu počas chôdze. V opornej fáze krokového cyklu uvádza pokles aktivity m. peroneus longus a naopak zvýšenie aktivity m. tibialis anterior. V švihovej fáze popisuje nárast aktivity m. tibialis posterior a pokles aktivity m. peroneus longus. Toto zistenie vysvetľuje ako neuromuskulárnu kompenzáciu redukcie preťaženia mediálnej pozdĺžnej nožnej klenby.

Lewit taktiež popisuje následky funkčných porúch svalov: flexorov prstov a chodidla, m. triceps surae, ischiokrurálnych svalov, mm. glutei, m. piriformis, m. levator ani, (lumbálny) m. erector spinae, ktoré vedú ku kĺbnej dysfunkcii drobných kĺbov chodidla, členkového kĺbu, hlavičky fibuly, sakroiliakálneho kĺbu, dolnej driekovej chrbtice a hlavových kĺbov (Lewit, 2003).

2.1.5 Kineziológia vybraných svalov

V experimentálnej časti sme merali svalovú aktivitu počas chôdze len u vybraných svalov, ktorých kineziológia bude v tejto podkapitole popísaná.

M. tibialis anterior pri punctum fixum proximálne (otvorený kinematický reťazec) vykonáva dorzálnu flexiu a supináciu nohy a pri punctum fixum distálne ťahá predkolenie a telo dopredu proti fixovanej nohe. Pomáha udržiavať rovnováhu v stoji a zabraňuje nadmernému nakloneniu tela dozadu. Pri chôdzi zabraňuje „doplacnutiu“ nohy na zem pri iniciálnom kontakte. Pomáha nohe opustiť zem v švihovej fáze krokového cyklu (Linc, Doubková, 1999).

M. peroneus longus a *m. peroneus brevis* udržujú pozdĺžnu a priečnu klenbu, vykonávajú pronáciu nohy, napomáhajú plantárnej flexii a abdukciu nohy (Mráz, 2004). Stabilizujú predkolenie a nohu v opornej fáze krokového cyklu a zabezpečujú mediolaterálnu rovnováhu pri chôdzi (Travell, Simons, 1992).

Mm. gastrocnemii kontrolujú rotáciu dolnej končatiny pri fixovanej nohe počas chôdze. Podieľajú sa na stabilizácii kolenného kĺbu. *M. soleus* vyrovnáva retroverziu fibuly a pri fixovanej nohe pomáha s rotáciou tíbie (Travell, Simons, 1992).

M. quadriceps femoris je primárny extenzor kolenného kĺbu, takisto kontroluje jeho flexiu. Pri punctum fixum distálne vykonáva anteverziu panvy a pri punctum fixum proximálne flexiu bedrového kĺbu. V opornej fáze chôdze stabilizuje kolenný kĺb (Mráz, 2004).

Spoločnou funkciou *hamstringov* je, že pri extendovanom kolennom kĺbe sa zvyšuje ich sila pre extenziu bedrového kĺbu a tak pomáhajú aj extendovať flektovaný trup. Stabilizujú panvu v antero-posteriornom smere. Takisto brzdia násilnú vonkajšiu rotáciu flektovaného kolenného kĺbu, čím chránia kĺbne púzdro a ligamentá. Sú zámkom kolenného kĺbu (postavením v jeho miernej rekurvácii) (Mráz, 2004).

2.2 Neurofyziológia riadenia pohybu

Činnosť kostrového svalstva je riadená vždy ako jeden funkčný celok. Jednotlivé pohybové prejavy síce môžeme zjednodušene rozdeliť do kategórií s odpovedajúcou anatomicou a funkčnou organizáciou, ale zároveň si musíme uvedomiť, že zvlášť u človeka sa na riadení motoriky podieľajú prakticky všetky oddiely CNS, počínajúc mozgovou kôrou a končiac miechou (Trojan, 2003). Obvykle sa motorická aktivita delí na voľnú a mimovoľnú. Podľa toho, či motorická aktivita slúži k udržaniu určitej pozície tela, či k pohybu, sa motorika delí na opornú (postojovú) a cieľnú (pohybovú). Podľa toho, či je motorická činnosť odpoveďou na vonkajšie skutočnosti, alebo je pôvodom vnútorná, sa motorika delí na motoriku reflexnú a motoriku danú centrálnym motorickým programom. Tak ako vo výsledku nie je možné od seba oddeliť mimovoľnú a voľnú zložku, pretože k určitej činnosti sú nutné obe, nie je možné pri svalovej činnosti od seba oddeliť opornú a cieľnú motoriku (Mysliveček, 2009). Základom akejkoľvek hybnosti je svalový tonus, zaisťovaný činnosťou miechy. Na ňom je vybudovaný systém postojových a vzpriamovacích reflexov (motorický systém polohy, oporná motorika), pri ktorého riadení sa podieľa retikulárna formácia, statokinetický receptor uložený v labyrinte skalnej kosti lebky a mozoček (vestibulárny a spinálny mozoček). Príslušná aferentácia prichádza z proprioreceptorov, z exteroceptorov a zo statokinetického receptoru. Súhrn informácií významných pre hybnosť, ich spracovávanie a integrácia v CNS až po výstup prejavujúci sa svalovou činnosťou sa nazýva senzomotorika. Motorický systém polohy je potom základom zložitej sústavy úmyselných pohybov (motorický systém pohybu, cieľná motorika), riadenej činnosťou mozgovej kôry, bazálnych ganglií a kôrového mozočku. Všetky nervové vplyvy, ktoré spôsobujú svalovú kontrakciu, sa uplatňujú vo svojej konečnej podobe prostredníctvom alfa-motoneurónov. Na motoneuróny jedného miešneho segmentu sa zbiera veľké množstvo informácií ako z proprioreceptorov a exteroceptorov, tak z iných miešnych segmentov a vyšších oddielov CNS. Na povrchu každého z motoneurónov je priemerne 5500 synapsí. Podnety majú excitačný a inhibičný charakter. Všetky tieto vplyvy konvergujú a určujú činnosť alfa-motoneurónov. Vplyvy z vyšších oblastí CNS a z proprioreceptorov sa teda koordinujú na úrovni spinálnej miechy a to predovšetkým činnosťou spinálnych interneurónov a formujú sa do svojej konečnej výstupnej podoby funkciou alfa-motoneurónov. Alfa-motoneuróny teda predstavujú konečnú dráhu mnohých riadiacich somatických sústav (Trojan, 2003). Nervové mechanizmy, ktoré sú podkladom úmyselného pohybu, je

možné hypoteticky rozdeliť do niekoľkých fáz. Primárny popud k uvedenému vzorcu správania zrejme vychádza z motivačného ústredia CNS, t.j. zo štruktúr, ktoré majú vzťah k limbickému systému. Nasleduje senzorická analýza vonkajšieho prostredia. Potom je vypracovaný plán akcie. Priestorové súradnice nazeraných objektov sú transformované zo senzorického do motorického systému, kde je na ich základe určená stratégia dosiahnutia cieľa. Na základe vybranej stratégie je vypracovaný konkrétny program pohybu, t.j. sú určené sekvencie, doby trvania a intenzity kontrakcie všetkých svalov nutných k vykonaniu cieleného pohybu. Celý proces ukončuje iniciácia a realizácia pohybu. Usudzuje sa, že vo vyššie uvedenom procese sa významne uplatňujú nasledujúce nervové štruktúry:

- Zadná parietálna (asociačná) kôrová oblasť
- Prefrontálna kôrová oblasť
- Doplnková (suplementárna) motorická kôrová oblasť
- Premotorická kôrová oblasť
- Bazálne gangliá a cerebrálny mozoček
- Primárna motorická kôrová oblasť (Králiček, 2011)

Frontálny lalok, premotorická area a suplementárna motorická area zohrávajú kľúčovú rolu pri iniciácii chôdze, pretože u pacientov s dysfunkciou týchto oblastí, môžeme vidieť zamrznutie chôdze. Motorické programy zahŕňajú tiež programy pre posturálne prispôbenie. Tie môžu umožniť predbežnú posturálnu kontrolu, ktorá môže byť uskutočnená aktiváciou suplementárnej motorickej arey. Premotorická area, hlavne jej pravá časť, je aktivovaná počas paradoxnej chôdze u parkinsonikov, čo naznačuje, že premotorická area je zodpovedná za motorické programovanie založené na vizuomotorickom spracovaní. V nedávnej štúdii, v ktorej použili bipedálne kráčajúce opice, po aplikácii muscimolu (GABA_A-receptoragonistu), do regiónu dolnej končatiny primárneho motorického kortexu, vznikla lokálna paréza kontralaterálnej dolnej končatiny. Na druhej strane aplikácia injekcie muscimolu do regiónu trupu a dolnej končatiny obojstrannej suplementárnej motorickej arey porušila posturálnu kontrolu počas chôdze, ale bez motorickej paralýzy. Vpravenie muscimolu do zadnej premotorickej arey, zabránilo opiciam iniciovať chôdzu aj po senzorickom navedení, hoci spontánna chôdza nebola ovplyvnená. Takže suplementárna motorická area sa môže podieľať na posturálnej kontrole, kým premotorická area môže byť zodpovedná za zmyslové riadenie iniciácie chôdze (Takakusaki, 2013).

2.2.1 Riadenie lokomócie

Bipedálna chôdza kladie dôraz na vzájomnú integráciu rovnováhy a chôdze (Jo, Massaquoi, 2007). Pôvodne sa usudzovalo, že rytmické lokomočné pohyby, t.j. dopredu smerujúca flexia končatiny nasledovaná jej dozadu smerujúcou extenziou, sú výsledkom cyklického reťazca reflexných dejov s centrami v spinálnej mieche. Podľa tejto predstavy sa lokomócia udržuje v chode cyklickou aktiváciou flexorov a extenzorov z proprioreceptorov. Z vyšších centier nervovej sústavy príde najprv k motoneurónom povel k sťahu flexorov. Kontrakciu zaznamenávajú svalové vretienka v extenzoroch a vyšlú signál do miechy. Z miechy sa reflexnou cestou vyvolá sťah extenzorov a prostredníctvom recipročnej inervácie relaxácia flexorov. Sťah extenzorov následne spôsobí stimuláciu svalových vretienok vo flexoroch. Je tak daný podnet k tomu, aby sa celý cyklus opakoval. Súčasné poznatky však ukazujú, že rytmická recipročná činnosť dvoch antagonistických svalových skupín, na ktorej je založený lokomočný pohyb, let alebo plávanie živočíchov, môže prebiehať bez vyššie zmienenej spätno-väzobnej signalizácie z periférie a nemá v dôsledku toho reflexný charakter. Predpokladá sa, že celý pohyb je tu výsledkom spustenia vopred pripraveného vzorca neuronálnej aktivity, ktorý označujeme ako centrálny motorický program. Je zakódovaný v pamäti neuronálnej siete, ktorú označujeme ako generátor vzorca pohybu (Králiček, 2011). Generátor vzorca pohybu je definovaný ako charakteristické načasovanie svalovej aktivácie, ktorá produkuje špecifické pohybové udalosti. Podľa tejto schémy akt učenia pohybu vyvolá zavedenie svalových aktivácií, ktoré sú potrebné k vykonaniu činnosti (Enoka, 2008). Generátor vzorca lokomočného pohybu je situovaný v spinálnej mieche, a to samostatne pre každú končatinu. Najbežnejšou výskumnou metódou používanou k štúdiu motorických programov je identifikovanie stereotypných vzorcov svalových aktivácií, ktoré sú priradené k pohybu a usudzuje sa, že tieto stereotypné vzorce svalových aktivácií, korešpondujú so signálmi vyslanými zo spinálnej miechy. Pri analýze chôdze z EMG záznamu 32 svalov ipsilaterálnej strany sa naznačilo, ktoré svalové aktivácie korešpondujú s piatimi špecifickými udalosťami, ktorými sú štádium opory, odrazu, stabilizácia trupu počas obdobia dvojitej opory, pohyb vpred a dopad. Pokiaľ sú všetky končatiny v činnosti, je aktivita všetkých generátorov navzájom koordinovaná. Rovnaké vzorce sú vytvorené pre obidve končatiny, ale posunuté v čase. Elektromyografická aktivita jednotlivých svalov sa môže individuálne odlišovať (Enoka, 2008). Usudzuje sa, že generátor vzorca lokomočného pohybu je aktivovaný signálom vychádzajúcim z istej oblasti retikulárnej

formácie stredného mozgu, označovanej ako mezencefalická lokomočná oblasť. Toto centrum nielen spúšťa generátor lokomočného pohybu, ale určuje aj charakter lokomócie, t.j. či pôjde o chôdzu, beh či šprint (Králíček, 2011). Motorický program priradený k chôdzi nie je nemenný, pri znásobení požiadaviek, sa môžu tieto skupiny svalových aktivácií meniť v situáciách ako sú prekračovanie prekážky, zabočenie za roh budovy, pri zbieraní niečoho zo zeme, kopaní do lopty. Aktivita jednotlivých svalov, ktoré sa podieľajú v jednotlivých svalových aktiváciách sa bude meniť vzhľadom k požiadavkám (Enoka, 2008). Bolo zmienené, že lokomócia nie je primárne reflexného pôvodu. Napriek tomu je však aferentná signalizácia z končatinových proprioreceptorov dôležitá. Pokiaľ je vyradená (porušením zadných miešnych koreňov), je normálny cyklus lokomočných pohybov silne alternovaný a spomalený. Predpokladá sa preto, že jej úlohou je reflexne upravovať motorický program generátorov pohybového vzorca tak, aby výsledný lokomočný pohyb bol zladený s terénom, po ktorom sa uskutočňuje (Králíček, 2011).

2.2.2 Svalové synergie

Pojem svalové synergie vyvoláva v odborných kruhoch množstvo polemík. Samotné slovo znamená spolupôsobenie určitých orgánov. V minulosti ním boli označované patologické svalové súhry. Jedna časť vedeckej verejnosti stále súhlasí s týmto chápaním synergií, s tvrdením, že variabilita je prejavom zdravého centrálného systému. S pojmom variabilita úzko súvisia pojmy ako redundancia a abundancia. Obidva pojmy znamenajú nadbytočnosť avšak redundancia ju chápe v negatívnom zmysle ako nadbytočnosť, ktorú je nutné obmedziť a abundancia v pozitívnom, ako niečo čo môže CNS využiť. Druhá časť odbornej verejnosti, ktorá neoznačuje svalovými synergiami patológiu, vychádza práve z vyššie uvedených pojmov a označuje svalovými synergiami svalové súhry, ktoré CNS použil ako najlepší možný výber zo širokého spektra možností pre vykonanie daného pohybu.

Aby sa nejaké elementy považovali za synergiu musia splniť tri podmienky. Prvou podmienkou je, aby sa elementy podieľali na určitej úlohe, produkujúcej adekvátnu mechanickú činnosť. Druhá podmienka zahŕňa, aby v situácii, keď jeden z elementov produkuje viac alebo menej než sa od neho čaká, ostatné elementy vyprodukovali viac alebo menej v ich prispievaní k činnosti, a to tak, aby robili úlohu rovnako alebo ešte lepšie (Latash, 2008). Treťou podmienkou je absencia abstraktného

prvku, čo znamená, že synergie vždy vykonávajú niečo konkrétne, čo spoluprácu elementov posúva ku konkrétnemu cieľu. Analýzy domnelých synergií, by mali vždy obsahovať aj hypotézu: čo sa od nich očakáva, že by mali vykonať. Tieto tri podmienky majú tri piliere, ktorými sú zdieľanie, vykompenzovanie chyby a závislosť od úloh. Sú tiež charakteristické flexibilitou a stabilitou, čo znamená, že úloha je ukončená flexibilným/variabilným riešením a spoločná črta týchto riešení je sprostredkovať stabilitu v dôležitej výkonnostnej črte. Synergie sú časované neurálnou organizáciou, ktorá upravuje časovanie jednotlivých premenlivých častíc, aby udržala najnižšiu hladinu chýb pri dôležitých výkonoch. Taktiež zabezpečuje stabilitu premenných bez zásahu vyššej hierarchie (Latash, 2008)

2.3 Balet

2.3.1 História baletu

Balet je krásne, výrazové a dramatické umenie. Dokáže stvárniť veselosť, tragiku, lásku, humor i radosť. Aj keď skutočný balet sa tak ako opera rodí koncom 16.storočia, svoje korene má v rôznych maskovaných slávnostiach, na ktorých prestrojený účastníci spievali, tancovali a recitovali (Brodská, 2000). Baletná tradícia sa podávala z generácie na generáciu a každá epocha ju obohatila svojim prínosom. Balet postupne prerastal v samostatnú formu tanca a od sedemnásteho storočia sa objavujú prví profesionálni tanečníci. Francúzsky kráľ Ludwig XIV. bol nadšeným tanečníkom a Francúzsko sa stalo prvým strediskom baletu. Preto sa dodnes používa francúzska baletná terminológia (Bussellová, 1995).

2.3.2 Baletná terminológia

Tanečník sa najprv učí päť základných pozícií chodidiel a paží. Prvá pozícia chodidla spočíva vo vytočení špičiek do vonkajšej strany a vzájomného spojenia piat. Aby tanečník dosiahol čo najväčšie vytočenie špičiek do strany musí maximálne rotovať bedrové kĺby do vonkajšej strany. Tieto pohyby kladú veľké nároky na vonkajšie rotátory bedrového kĺbu, ktoré takto musia byť neustále aktívne, pretože na túto základnú pozíciu nasadajú všetky ostatné pozície v baletnom tanci. Ďalšie pozície chodidiel sú variáciou prvej pozície s rozdielnym postavením dolných končatín (Bussellová, 1995). Špičky sú vždy maximálne rotované do vonkajšej strany a dolné

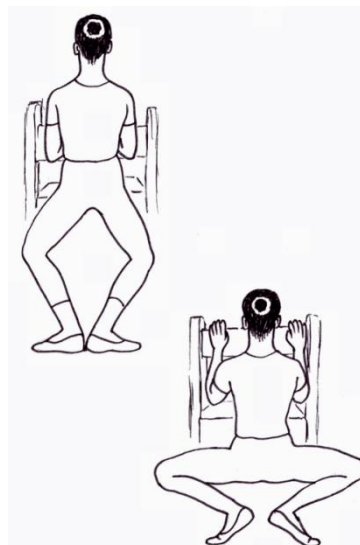
končatiny sú buď mierne rozkročené, alebo sú chodidlá skrížené za sebou v rôznej dĺžke ich vzájomnej vzdialenosti (Bussellová, 1995).



Obrázok 4. Baletné pozície (Anonymous 2).

Okrem toho, že sú tieto pozície náročné z hľadiska rozsahu pohybu najmä v bedrových kĺboch, taktiež kladú veľké nároky na udržanie rovnováhy tanečníkom. V úvodných hodinách baletu sú tanečníci neustále svojimi učiteľmi vyzývaní ku kontrole držania tela a jeho vyťahovaniu nahor a k tlačeniu ramien smerom nadol. Snaha o dodržiavanie týchto povelov by mala tanečníkovi napomôcť k funkčnej centrácii glenohumerálneho kĺbu aktivovaním krátkych depresorov hlavice humeru a napriamaniu krčnej a hrudnej chrbtice.

- *Plié*: vychádza zo slova plier a znamená ukloniť sa alebo podrepnúť.
- *Relevé- relever*: znamená pozdvihnúť.



Obrázok 5. Pozícia plié (Anonymous 3).



Obrázok 6. Pozícia relevé (Anonymous 4).

Oba pohyby patria k prvým, ktoré sa tanečník naučí a tvoria základ takmer všetkých pohybov v klasickom tanci (Bussellová, 1995). Tieto dva pohyby tanečníci vykonávajú v rôznych variáciách. Plié v prvej pozícii s pokrčenými kolenami sa nazýva demi-plié a pri grand-plié má tanečník obidva bedrové kĺby v 90° abdukcii a flexii. Východzie postavenie chodidiel je od vytočených špičiek a vzájomne dotýkajúcich sa piet, k postaveniu sa na špičky a oddeleniu piet. Táto pozícia vyžaduje veľkú elasticitu adduktorov (Bussellová, 1995).

Battement znamená doslovne uderiť alebo úder. *Tendu* znamená natiahnutý, tanečník musí chodidlo držať s prepnutou špičkou. V baletnej terminológii označuje *battement* celú skupinu pohybov charakteristických unožovaním. Existuje niekoľko rôznych druhov *battement*, každý má svoj význam a charakteristiku (Bussellová, 1995).

Tanečníci sa učia súladu s hudbou pri *battement* fondu, čo je splývavý, plynulý pohyb, na ktorom sa podieľajú obe dolné končatiny. Učia sa pri ňom jemnému a pružnému pohybu nôh, ktorý im pomáha plynule spájať jednotlivé kroky a neskôr im pomáha pri koordinácii skokov (Bussellová, 1995).

2.3.3 Vplyv baletu na muskuloskeletálny systém

2.3.3.1 Vplyv anatomických predispozícií na baletných tanečníkov

Balet je umenie, ktoré kladie na telo extrémne požiadavky. Tanec obsahujúci nezvyčajné repetitívne pohyby bedrového kĺbu, si vyžaduje extrémnu kontrolu (Haas, 2010).

Tanečník musí byť ohybný, musí mať silu a musí zvládnuť koordináciu pohybov (Bussellová, 1995).

Používanie vonkajšej rotácie v bedrovom kĺbe je dôležitým prvkom v baletnom tanci. Preto tanečníci robia všetko preto, aby našli spôsob ako dosiahnuť jej maximálny možný rozsah. Zväčšenie vonkajšej rotácie v bedrovom kĺbe je primárne determinované kostenými štruktúrami, ligamentóznym a svalovým aparátom. Na kostených faktoroch sa podieľa hĺbka acetabula a tvar hlavice. Plytkejšie acetabulum smerované viac laterálne umožňuje väčší rozsah pohybu do vonkajšej rotácie ako hlbšie acetabulum smerované viac anteriorne (Clippinger, 2007). Ak má tanečník uhol anteverzie krčku femuru väčší ako 15° má väčšiu pohyblivosť do vnútornej rotácie a relatívne obmedzenie vonkajšej rotácie v bedrovom kĺbe (Gross, Fetto, Rosen, 2005). Táto anatomická skutočnosť môže byť u tanečníka príčinou opätovných muskuloskeletálnych problémov. Zakrivenie a dĺžka krčku femuru taktiež ovplyvňujú rozsah pohybu do vonkajšej rotácie. Dlhší a konkávnejší krčok umožní väčšiu abdukciu a laterálnu rotáciu ako kratší a konvexnejší krčok. Kĺbne púzdro a ligamentá, hlavne ligamentum iliofemorale ukončujú svojim ťahom vonkajšiu rotáciu. Ak sú laxnejšie, naopak napomôžu väčšiemu rozsahu. Podobne veľká elasticita adduktorov a vnútorných rotátorov bedrového kĺbu napomôže väčšiemu rozsahu do vonkajšej rotácie. Teoretizovalo sa, že kostné faktory, ako sú torzný uhol femuru sú tréningom ovplyvniteľné do 11 až 12 roku života a môžu zväčšiť vonkajšiu rotáciu, a po dosiahnutí tohto veku bude možné zväčšovať rozsah vonkajšej rotácie len vplyvom na väzivový a svalový aparát. Ale pozorovaním sa zistilo, že väčší vplyv na zväčšenie rozsahu vonkajšej rotácie má strečing mäkkých tkanív ako modelovanie kostných tvarov v rannom veku. Odporúčania ortopédov pre mladých tanečníkov, ktorí chcú vykonávať profesionálnu baletnú kariéru sú, že 15 ročný baletný tanečník by mal mať minimálne 60° rozsah vonkajšej rotácie v bedrovom kĺbe. Z dôvodu nutnosti dosahovania maximálnej vonkajšej rotácie bedrového kĺbu pri baletnom tanci, u tanečníkov ktorí tento rozsah nepreukazujú to môže mať za následok predčasné ukončenie profesijnej dráhy (Clippinger, 2007).

Morfologická charakteristika baletných tanečníkov v porovnaní so študentami telesnej výchovy a športu v štúdiu Ferrari a kol. (2013) ukázala, že baletní tanečníci muži boli ektomorfno-mezomorfneho somatotypu, študenti telocviku boli endomorfno-mezomorfneho somatotypu a baletné tanečnice mali ektomorfny somatotyp

a študentky telocviku mezomorfno-endomorfny typ. Baletní tanečníci preukazovali oproti študentom telesnej výchovy a športu nižšie hodnoty BMI, taktiež z celkového počtu 10 miest, na ktorých sa merala hrúbka kožných rias mali na 7 miestach nižšie hodnoty, nižší podiel percentuálneho telesného tuku, nižšie množstvo celkového telesného tuku. Hodnoty svalovej hmoty boli nižšie u študentov a študentiek telesnej výchovy a športu ako u baletných tanečníkov a tanečniciek. Baletní tanečníci tvorili homogénnejšiu skupinu vo vzájomných rozdieloch medzi pohlaviami ako študenti telesnej výchovy a športu (Ferrari et al., 2013). Uvedené údaje nám vypovedajú o intenzite cvičení a záťaži baletných tanečníkov.

2.3.3.2 Nároky baletného tanca na motorické zručnosti tanečníkov

Vysokú trénovanosť a kvalitu percepčných a rovnovážnych funkcií dokazuje množstvo vykonaných štúdií. Vyššia kvalita proprioceptívnej spätnej väzby posilňuje synergistické svalové skupiny a konsoliduje koordináciu končatín, čo prispieva k efektívnejšiemu pohybu baletných tanečníkov (Kiefer et al., 2013). S týmto zistením koreluje aj štúdia Hoppera a kol. (2014) v ktorej pri skúmaní vplyvu svalovej únavy, piruet a vykonávania rôznych rýchlych za sebou nasledujúcich protichodných pohyboch na statickú a dynamickú posturálnu kontrolu zistili vysokú kvalitu týchto posturálnych funkcií u profesionálnych baletných tanečníkov oproti pre-profesionálnym a rekreačným baletným tanečníkom. Dieling a kol. skúmali vplyv svalovej únavy na propriocepciu v kolennom kĺbe po vykonaní 40 maximálnych izokinetických flexií a extenzií kolenného kĺbu. U kontrolnej skupiny, tvoriacej bežnú populáciu, mala svalová únava výrazný vplyv na polohocit a aj pohybecit kolenného kĺbu, ale u baletných tanečníkov svalová únava ovplyvnila len polohocit (Dieling a kol., 2014).

Keďže baletní tanečníci majú pri predstaveniach pri rôznych svetelných efektoch znížené informácie zo zrkavých analyzátorov potrebných k zaisteniu potrebnej rovnováhy a tieto podmienky na javisku sa markantne líšia od podmienok v cvičebných sálach, Hutt a Redding odporúčajú zaradiť do cvičenia aj špeciálne cvičenia so zavretými očami pre zlepšenie rovnovážnych funkcií. Toto odporúčanie dávajú na základe svojej štúdie, v ktorej dosahovali tanečníci, ktorí mali zaradené do svojho cvičebného programu tieto špeciálne cviky s vyradením zrkavého analyzátoru, omnoho lepšie posturálne funkcie oproti tanečníkom, ktorí absolvovali len bežnú cvičebnú jednotku (Hutt, Redding, 2014).

2.3.3.3 Negatívny dopad baletu na muskuloskeletálny systém

Na jednej strane môžeme vidieť u profesionálnych baletných tanečníkov vysokú kvalitu rovnovážnych a percepčných funkcií, vysokú fyzickú trénavanosť a na druhej strane, dôsledky ktoré plynú z tejto nadmernej a extrémnej fyzickej záťaž.

Kolo a kol. vo svojej štúdií skúmal pomocou magnetickej rezonancie dopad extrémnych pohybov stehna baletných tanečníkov na bedrový kĺb. U tanečníkov boli v porovnaní s kontrolnou skupinou, ktorú tvorila zdravá populácia, častejšie zistené lézie chrupavky viac ako 5mm a u tanečníkov s väčším výskytom v hornej časti acetabula. Taktiež boli u tanečníkov v superiornej, posterosuperiornej a anterosuperiornej časti labra lokalizované lézie (Kolo a kol., 2013). Angiogi a kol. vykonali výskum na 15 baletných tanečníkoch z londýnskeho kráľovského baletu vo veku 19 – 36 rokov, za cieľom vyšetrenia osteoartritídy, Dôvodom tohto výskumu bola vysoká incidencia osteoartritídy členkového, subtalárneho a prvého metatarsofalangeálneho kĺbu u vyslúžilých baletných tanečníkov (Angiogi a kol., 2014). Túto skutočnosť prinajmenšom čiastočne vysvetľuje fakt, že tanečníci znášajú vysokú úroveň fyzicky náročného tréningu, pri ktorom sú ich kĺby namáhané prudkými, tvrdými dopadmi, v dôsledku ktorých sú opätovne mikrotraumatizované. U deviatich tanečníkov boli preukázané prvé známky osteoartrózy na 5 zo 6 vyšetrovaných kĺbov (boli nimi kolenný, bedrový kĺb, kĺby nohy, krčné a driekové stavce) Na mediálnom kondyle femuru bol nález inkongruentného povrchu kĺbnej chrupavky a zmeny na kostnej dreni laterálneho kondylu femuru, úbytok kĺbneho priestoru v bedrovom kĺbe a lézia labra, na prvom metatarsophalangeálnom kĺbe rozvoj osteofýtov. Všetky tieto nálezy vypovedajú o extrémnosti vykonávaných pohybov a vysokej telesnej záťaži pri tréningoch a predstaveniach. Potvrďuje to aj fakt, že keď Borges a kol., vyšetrovali hladinu zápalových markerov pred cvičením, hneď po cvičení a 18 hodín po cvičení u baletných tanečníkov, zistili vytvorenie zápalu, ktorý pretrvával aj 18 hodín po tréningu. Tieto objavy sú dôležité pri predchádzaní artritídy a synovitídy, ktoré sú bežne pozorované u tanečníkov (Borges a kol., 2014). Ďalším spôsobom ako sa dá predchádzať zraneniam z preťaženia je sonografické vyšetrenie, ktoré Comin a kol. odporúčajú ako skrining rozvoja šľachových lézií. Abnormality šliach u baletných tanečníkov sú fyziologickým nálezom pri sonografickom vyšetrení, ale vo svojej 24 mesiacov trvajúcej štúdií Comin a kol. zistili, že z množstva abnormálnych nálezov na šľachách tanečníkov neboli ani jeden z nich podkladom pre neskoršie ochorenie okrem

hypoechogénneho nálezu, z ktorého sa neskôr aj ochorenie šliach vyvinulo (Comin a kol., 2013). Častý výskyt zranení adolescentných baletných tanečníkov bol podkladom pre štúdiu Bowermana a kol., v ktorej sa zaoberali otázkou, či má vplyv dozrievanie a rast na túto častú prevalenciu. Ich hypotéza sa nepotvrdila, ale poukázali na dôležitosť funkčnej centrácie kĺbov, ktorá má zásadný dopad na prevalenciu zranení u týchto adolescentných baletných tanečníkov (Bowerman a kol. 2014).

2.3.3.4 Fyziológia a patofyziológia únavy

Únava je jav, s ktorým sa denne stretávame, ale ktorého príčiny nie sú dodnes plne objasnené. Pojem únava jednak vyjadruje subjektívne pocity a skúsenosti človeka, jednak objektívne zmeny, ktoré je možné registrovať pri intenzívnejšej telesnej záťaži. Súčasne existuje úzky vzťah s ďalšími psychosenzorickými aktivitami. Prvotnou príčinou únavy je svalová činnosť, kde je možné tento jav definovať ako pokles výkonnosti a neschopnosť pokračovať v ďalšej práci. Po ukončení záťaže počas zotavenia jej príznaky však miznú. U človeka sú dve hlavné príčiny únavy. Ide buď o únavu vznikajúcu počas svalovej činnosti, alebo ide o únavu čiste mentálnu, eventuálne môže únava vznikáť pri kombinácii oboch (Máček, Radvanský, 2011).

Pri celkovej dynamickej práci vzniká pri určitom stupni intenzity tzv. kritický výkon, ktorý predstavuje maximálny výkon, ktorý môže jedinec produkovať bez toho, aby vyčerpal svoje energetické rezervy. Pokiaľ sa intenzita ďalej zvyšuje, únava sa kumuluje a jedinec musí prácu prerušiť. Existuje hypotéza, ktorá hľadá vznik únavy v poruchách riadenia a kontroly pohybu. Popritom sa môže pri intenzívnej záťaži objaviť aj porucha vo vlastnom aparáte svalovej kontrakcie v svalovom vlákne a v jeho radiacom motoneuróne. Podľa novších výskumov sa však zdá, že nástup únavy nie je pri izometrickej kontrakcii ani pri dynamickej práci pri väčšine bežných záťaží viazaný na nervové riadenie a vznik svalovej acidózy nie je vyvolaný produkciou laktátu. Preto sa v súčasnosti dáva prednosť skôr trom hypotézam o vzniku únavy na základe vyčerpania energetických zdrojov. Prvá hypotéza charakterizuje únavu ako deficit energetických zásob nutných k vykonaniu svalovej kontrakcie, či už v svalových vláknach, alebo v depotoch, odkiaľ sú dodávané krvnou cestou. Druhá hypotéza hovorí o deficite látok, ktorých prítomnosť je podmienkou spaľovania, to znamená kyslíku dodávaného taktiež krvnou cestou. A tretia hypotéza charakterizuje únavu ako zníženie kapacity svalu tieto látky využívať (Máček, Radvanský, 2011).

Únava v pravom slova zmysle je sprievodným javom každej činnosti. Musí sa s ňou počítať a registrovať i rešpektovať jej prejavy. Všeobecne platí, že fyziologická únava sa začína prejavovať po určitej dobe poklesom výkonnosti zvlášť v obratnostnej a rýchlostnej sfére. Akonáhle ale záťaž pokračuje, nastúpi únava patologická. Tú delíme na akútnu (preťaženie, vypätie alebo schvátanie) a chronickú (pretrénovanie). Všetky formy patologickej únavy vylučujú pokračovanie vo výkone, pretože môžu byť spúšťačím mechanizmom pre celú radu patologických stavov (Máček, Radvanský, 2011).

2.3.3.5 Dopad pretrénovanosti na muskuloskeletálny systém baletných tanečníkov a prevencia

Nerešpektovanie tohto fyziologického ochranného mechanizmu akým je únava, vedie u baletných tanečníkov k rôznym poškodeniam pohybového aparátu. V oblasti bedrového kĺbu sa u nich vyskytujú stresové fraktúry krčku femuru, natiahnutia svalov: m. adductor longus, m. gracilis, m. iliopsoas v častom spojení s hamstringami, ďalej tendinitída m. iliopsoas, syndróm m. piriformis. V oblasti kolenného kĺbu u tanečníkov, ktorých absolútna svalová sila m. quadriceps femoris je menšia ako je žiadúce, nachádzame väčší sklon k vážnejším úrazom dolných končatín. U týchto tanečníkov je potrebné k bežným tréningom zaradiť aj cvičenia zamerané špeciálne na posilnenie m. quadriceps femoris a cvičenia zamerané na správnu koaktiváciu svalov podieľajúcich sa na stabilizácii kolenného kĺbu. Ako proprioceptívny a neuromuskulárny tréning je vhodný drill skokov a pohybov spájajúcich sa s úrazmi. Pokiaľ u baletného tanečníka dôjde k zraneniu a následnému vyradeniu z tréningov, je potrebné pri rehabilitácii myslieť na rýchlu atrofiu m. quadriceps femoris a zvlášť na m. vastus medialis, pretože u vrcholových športovcov, a nimi baletní tanečníci sú, začína tento sval výrazne atrofovať už po 24 hodinách inaktivity. U tanečníkov s konštitučnou hypermobilitou sa častejšie vyskytujú úrazy ligamentózneho aparátu. Ďalej v oblasti kolenného kĺbu býva najčastejším zranením zranenie mediálneho menisku. Najbežnejším mechanizmom jeho vzniku je vykonanie extenzie kolenného kĺbu z pozície kedy je kĺb flektovaný a v abdukcii za súčasnej vonkajšej rotácie a fixácie nohy. Avšak v balete sú tieto pohyby bežné a dlhodobo vykonávané a tak môže byť zranenie mediálneho menisku len ich následkom. Najväčší patologický vplyv baletu na muskuloskeletálny systém môžeme vidieť práve v oblasti predkolenia, lýtky, členkového kĺbu a samotnej nohy (Clippinger, 2007). Predkolenie býva postihnuté zápalom periostu tibie spôsobeným

zvýšeným ťahom m. tibialis anterior, m. tibialis posterior a v niektorých prípadoch aj m. soleus a m. flexor hallucis longus. Častými sú tendinitídy Achillovej šľachy a šľachy m. flexor hallucis longus a taktiež plantárna fascitída. V rámci zápalových ochorení sa môžeme u baletných tanečníkov stretnúť taktiež so sesamoiditídou. Stresové fraktúry postihujú fibulu, tibiú, os cuboideum, ale najčastejšie druhý metatarz. Členkový kĺb je vystavovaný častým distorziám, z ktorých sa u mnohých tanečníkov neskôr vyvinie chronická instabilita kĺbu a nezriedkavo sa pri členkovom kĺbe stretávame s impingement syndrómom (Clippinger, 2007).

V prevencii a intervencii vyššie spomínaných ochorení by malo byť zahrnuté: vyhýbanie sa náhlemu zvyšovaniu záťaže, udržiavanie kondície počas tréningových výpadkov, doplnkové cvičenia dva až trikrát do týždňa zamerané na posilnenie členka a nohy a denné vykonávanie strečingu na udržanie adekvátnej dorzálnej flexie v členkovom kĺbe kvôli napomáhaniu lepšej absorpcie nárazov a ako pomoc pri vyhýbaní sa nadmernej pronácii chodidla (Clippinger, 2007).

Napriek všetkým snahám o udržanie muskuloskeletálneho aparátu baletných tanečníkov vo výbornej kondícii a zdraví, Procházková, Teplá, Svoboda, Juráková a Janura svojim výskumom dokázali, že vykonávanie baletného tanca na profesionálnej úrovni prenáša prvky baletnej chôdze do ich bežnej chôdze a následne mení ich lokomočný prejav. Vo svojom výskume u baletných tanečníkov zistili nižšie celkové zaťaženie v laterálnej oblasti päty a stredonožia, nižšie maximálne zaťaženie v oblasti laterálnej a mediálnej päty a stredonožia a dlhšiu dobu kontaktu plosky nohy s podložkou v oblasti zánožia (oblasť oboch piet) počas chôdze (Procházková, Teplá, Svoboda, Juráková & Janura 2014).

2.4 Povrchová elektromyografia

Povrchová elektromyografia sníma akčné potenciály väčšieho množstva aktívnych motorických jednotiek pod elektródami umiestnenými na koži nad testovaným svalom. Jednotlivé akčné potenciály všetkých aktívnych motorických jednotiek snímané elektródami sú elektricky superponované a výsledkom je tzv. interferenčný vzorec (Krobot, Kolářová, 2011). Povrchová svalová aktivita býva najčastejšie snímaná bipolárne pomocou dvoch elektród umiestnených paralelne s priebehom svalových vlákien a v elektricky najmenej aktívnej oblasti je uložená

referenčná elektróda. Výsledkom je bipolárny signál následne zosilnený v diferenciálnom zosilovači, ktorý predstavuje potenciálový rozdiel snímaný oboma elektródami v danú chvíľu (Krobot, Kolářová, 2011).

Každá povrchová elektróda bezdrôtového EMG systému firmy Delsys® má rozpätie prenosu 40 metrov a má dobíjateľnú baterku s výdržou 7 hodín. Systém dokáže prenášať dáta do EMGworks® prenosového a analytického softwaru a dokáže generovať 16 EMG analógových kanálov na integráciu so zachytávaním pohybu a iných treťostranových systémov prenášajúcich dáta. Ďalšie vlastnosti prístroja rozširujú možnosť integrácie s prídavnými meracími technológiami. Prístroj taktiež umožňuje snímanie EMG signálu bez vedľajších nežiadúcich artefaktov.



Obrázok 7. Bezdrôtový EMG systém firmy delsys (zdroj: www.delsys.com).

3 CIELE A VÝSKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Cieľ výskumu

Hlavným cieľom výskumu bolo objektivizovať špecifiká v prevedení chôdze baletných tanečníkov na základe hodnotenia svalovej aktivity vybraných svalov.

3.2 Čiastkové ciele

1. Porovnanie rozdielov v prevedení chôdze medzi baletnými tanečníkmi a jedincami bežnej populácie na základe hodnotenia svalovej aktivity vybraných svalov.
2. Vplyv rehabilitačnej terapie na prevedenie chôdze u baletných tanečníkov.

3.3 Výskumné otázky

1. Odlišuje sa svalová aktivita počas chôdze u baletných tanečníkov od svalovej aktivity počas chôdze u jedincov bežnej populácie?
2. Odlišuje sa svalová aktivita počas chôdze u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii?

4 METODIKA

Predložená diplomová práca bola schválená Etickou komisiou FTK UP (Príloha 1, str.77). Výskum bol realizovaný v rámci projektu „Biomechanická analýza chôdze a hodnotenie zaťaženia nohy u profesionálnych tanečníkov“ (interný grant Fakulty telesnej kultúry FTK_2012:031).

4.1 Výskumný problém

Profesionálni baletní tanečníci vykonávajú v očiach nezainteresovaného diváka v hľadisku len krásne umenie. Avšak poznajúc následky náročnosti ich baletných tréningov, musíme si uvedomiť, že baletný tanečník je vrcholový športovec, ktorého muskuloskeletálny systém čelí vysokej fyzickej záťaži, a vo väčšine prípadov, až patologickému preťažovaniu pohybového aparátu. Dlhodobé vykonávanie baletného tanca na profesionálnej úrovni, sa môže premietnuť aj do bežných denných činností, teda aj do chôdze, baletného tanečníka. Bežná chôdza ako základný pohybový prejav každého človeka je oblasť, v ktorej sa doteraz nevykonalo veľa výskumov v spojitosti s baletnými tanečníkmi, avšak jej skúmanie a následné výsledky môžu byť veľkým prínosom do vedenia tréningov a prípadnej fyzioterapeutickej intervencie.

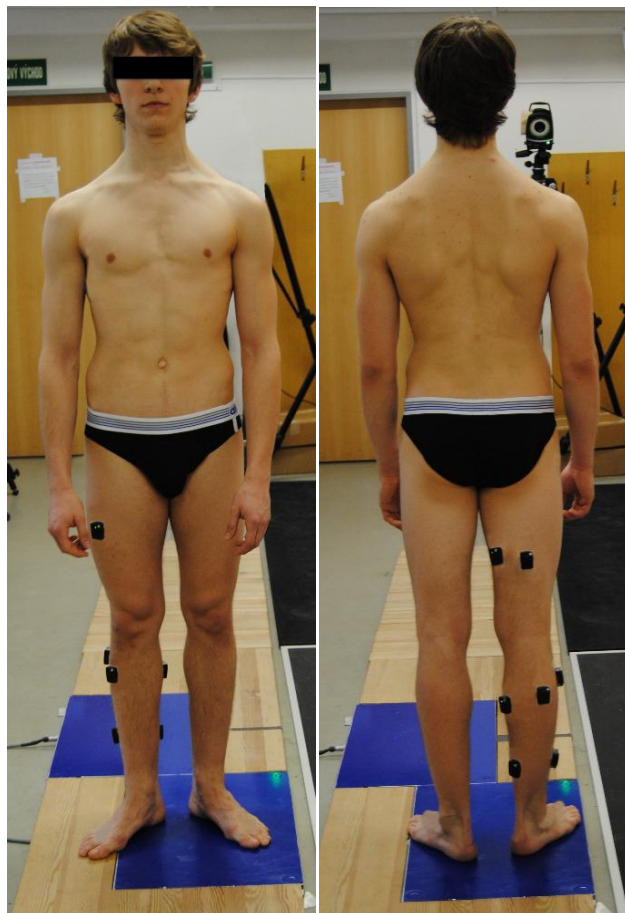
4.2 Charakteristika súboru

Výskumný súbor tvorilo 13 baletných tanečníkov Moravského divadla v Olomouci v priemernom veku $24,4 \pm 3,8$ rokov; výške $171,5 \pm 11$ cm a hmotnosti $61,3 \pm 13,3$ kg. Kontrolnú skupinu tvorili náhodne vybraní ľudia bežnej populácie v rovnakom počte s priemerným vekom $23 \pm 1,7$ rokov, výškou $172,4 \pm 11,5$ cm a hmotnosťou $68,4 \pm 10,7$ kg. Podmienky pre zaradenie do výskumu zahŕňali neprítomnosť úrazu alebo chirurgického zákroku v oblasti nohy a dolnej končatiny počas posledných 6 mesiacov. U kontrolnej skupiny taktiež nevykonávanie športu na vrcholovej úrovni.

4.3 Zber dát

Pre realizáciu tohto výskumu bola použitá bezdrôtová povrchová elektromyografia firmy Delsys® (Boston, USA). Meranie elektromyografického signálu

bolo zaznamenané pomocou programu EMG work aquisition a bolo synchronizované s videozáznamom. Na začiatku boli všetci probandi zoznámení s priebehom merania. Prvé meranie podstúpili baletní tanečníci pred zahájením terapie. Po ňom nasledovala rehabilitačná terapia v dĺžke 6 týždňov a po nej sa meranie zopakovalo v pôvodnom rozsahu. Kontrolná skupina rehabilitačnú intervenciu neabsolvovala, meranie u nej prebehlo len raz. Svalová aktivita vybraných svalov bola meraná počas chôdze u oboch skupín probandov počas 10 pokusov. Meranými svalmi boli: m. tibialis anterior, m. peroneus longus et brevis, m. gastrocnemius medialis et lateralis, m. soleus, m. rectus femoris, m. semitendinosus a m. biceps femoris vždy na dominantnej dolnej končatine. Miesto umiestnenia elektród bolo určené palpáciou svalového bruška pri izometrickej svalovej kontrakcii. Kožu v mieste nalepenia elektród sme oholili, očistili abrazívnou pastou, utreli najskôr vlhkou utierkou a následne utreli dosucha. Pre hodnotenie svalovej aktivity sme ako pozorovaný parameter zvolili amplitúdu EMG signálu. Normalizáciu signálu sme vykonali vzťahnutím nameranej svalovej aktivity (chôdze) k tzv. aktivačnej hodnote, kde pokojovú aktivitu v našom prípade predstavoval pokojný stoj.



Obrázok 6. Umiestnenie elektród (vlastný zdroj).

4.4 Rehabilitačná terapia

Na základe kineziologického rozboru bola u každého baletného tanečníka individuálne dvakrát do týždňa vykonávaná rehabilitačná terapia po dobu 6 týždňov a každá rehabilitačná jednotka trvala 60 – 75 minút. Terapia bola zameraná na odstránenie reflexných zmien vo svaloch, na štruktúry nohy, aktiváciu hlbokého stabilizačného systému a optimalizáciu chôdzového stereotypu. Zahŕňala manuálnu terapiu, prvky konceptu Dynamickej neuromuskulárnej stabilizácie podľa profesora Koláře, prvky bazálnych programov a podprogramov podľa Jarmily Čápovej a metódu Proprioceptívnej neuromuskulárnej facilitácie. Prvá časť rehabilitačnej jednotky pozostávala z ošetrenia periférie, druhá bola zameraná na stabilizáciu kĺbov počas tanečných pohybov a na nácvik aktivácie hlbokého stabilizačného systému. S prihliadnutím k aktuálnym problémom jednotlivých tanečníkov bola terapia modifikovaná.

4.5 Popis meracích techník

Je na strane 32.

4.6 Štatistické spracovanie dát

Získané číselné dáta boli štatisticky spracované pomocou programu STATISTICA (10.0, Stat-Soft, Inc., Tulsa, OK, USA). Z nameraných dát boli vypočítané základné popisné štatistické veličiny (priemer, minimálna a maximálna hodnota, smerodatná odchylka). K porovnaniu získaných dát medzi experimentálnou skupinou, ktorú tvorili baletní tanečníci a kontrolnou skupinou, ktorú predstavovala bežná populácia, bol použitý neparametrický nepárový Mann Whitney U test. Určenie vplyvu rehabilitačnej terapie bolo hodnotené neparametrickým párovým Wilcoxonovým testom. Pre zodpovedanie výskumných otázok bola stanovená hladina štatistickej významnosti na 5% ($p < 0,05$).

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky k výskumnej otázke č.1:

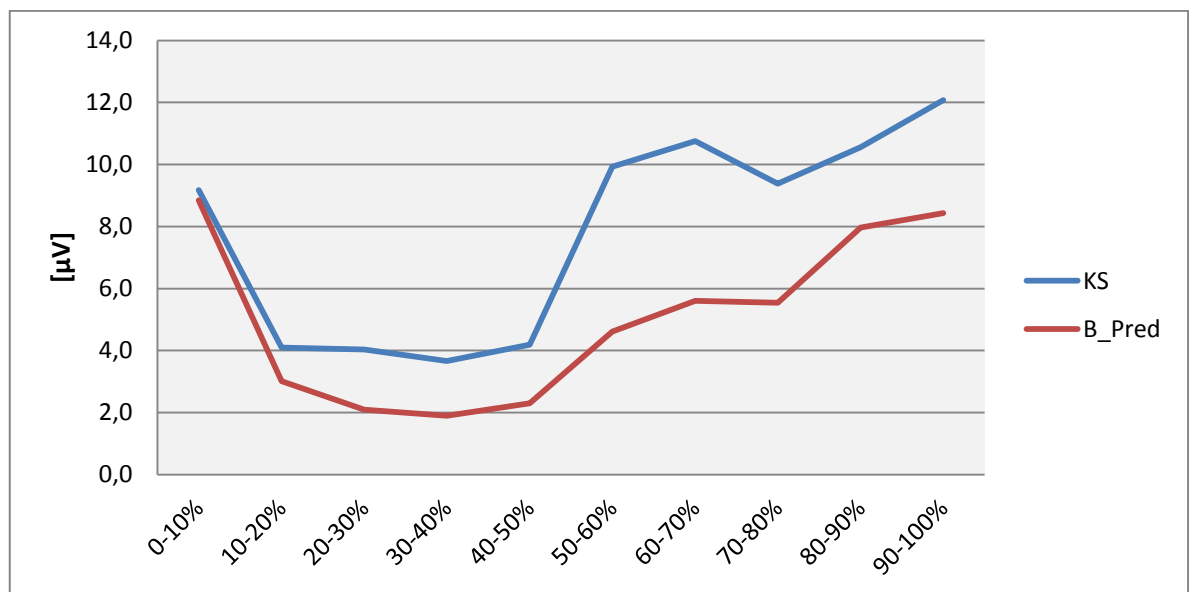
Výskumná otázka znie:

Odlišuje sa svalová aktivita počas chôdze u baletných tanečníkov od svalovej aktivity počas chôdze u jedincov bežnej populácie?

5.1.1 Súbor baletných tanečníkov pred rehabilitačnou terapiou a kontrolná skupina

Pre **m. tibialis anterior** bol zistený štatisticky významný rozdiel v 20 – 70 % krokového cyklu, kedy bola jeho aktivita u baletných tanečníkov pred terapiou **výrazne nižšia** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 8. Grafické znázornenie aktivity m. tibialis anterior počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

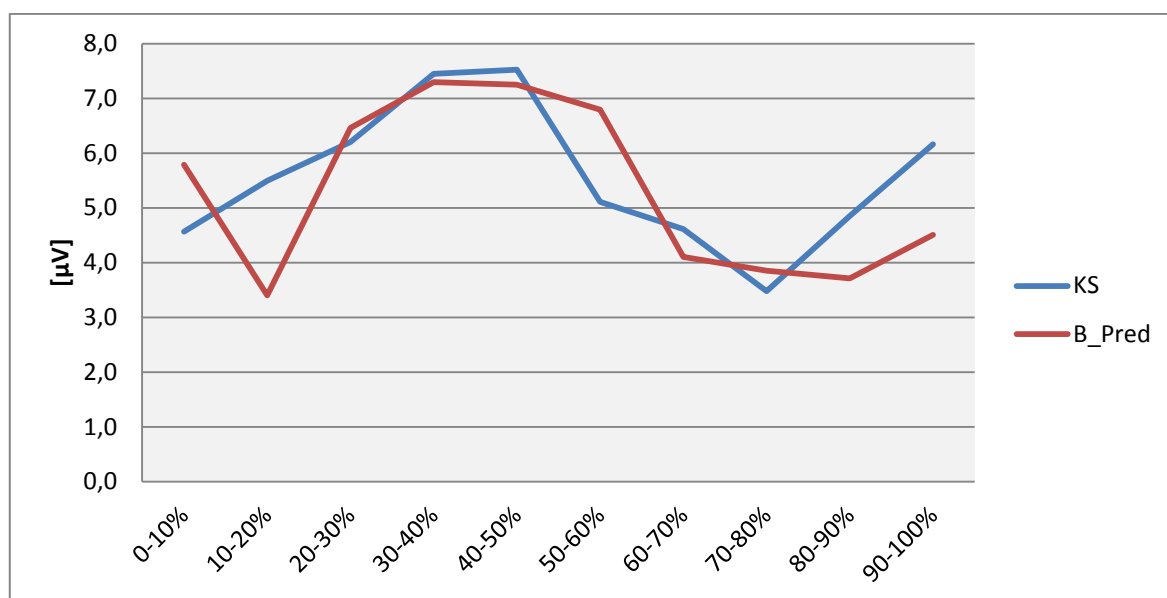
Tabuľka 1. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. tibialis anterior u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

m.TA		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,936	0,470	0,007	0,002	0,035	0,014	0,035	0,574	0,205	0,406
	Cohenovo d	0,32	0,09	1,32	1,20	0,51	0,78	0,78	0,02	0,43	0,27

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom ($0,8 \leq$) a čiernou je označená štatistická významnosť ($p < 0,05$)

Pre **m. peroneus longus** bol zistený v 30 – 50 % krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou vecne významný rozdiel stredného efektu, kedy tento sval preukazoval **nižšiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou a ďalej v 50 – 60 % krokového cyklu preukazoval **vyššiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti.

Obrázok 9. Grafické znázornenie aktivity m. peroneus longus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

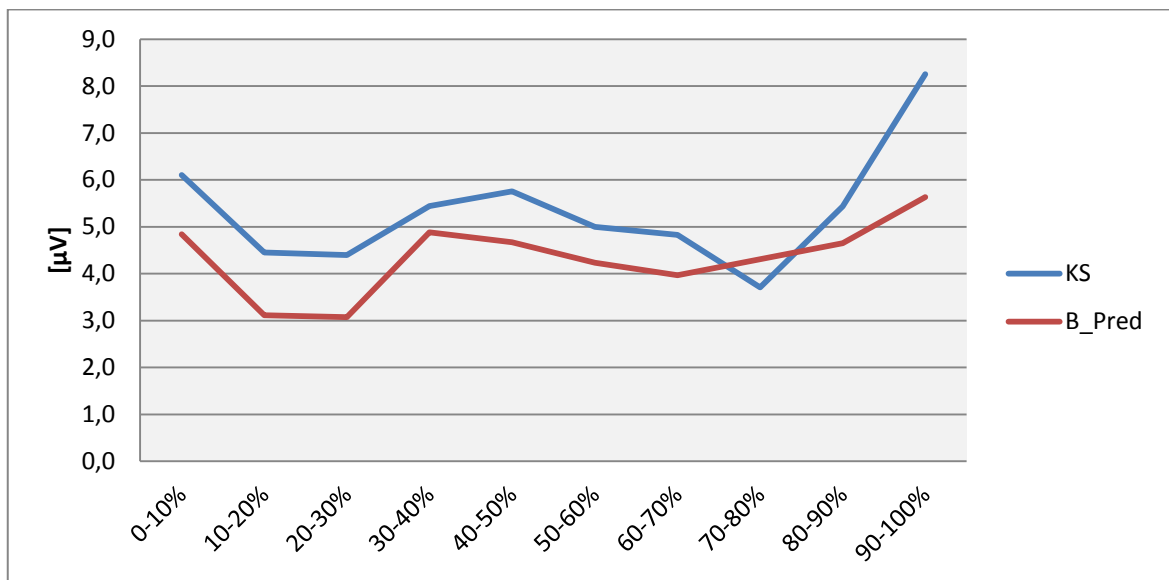
Tabuľka 2. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. peroneus longus u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

m.PL		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,801	0,762	0,880	0,448	0,287	0,390	0,880	0,840	0,362	0,362
	Cohenovo d	0,12	0,19	0,30	0,54	0,78	0,71	0,37	0,34	0,41	0,40

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. peroneus brevis** bol zistený v 10 – 40 a v 80 – 90 % krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou vecne významný rozdiel stredného efektu, kedy tento sval preukazoval **nižšiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 10. Grafické znázornenie aktivity m. peroneus brevis počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

Tabuľka 3. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. peroneus brevis u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

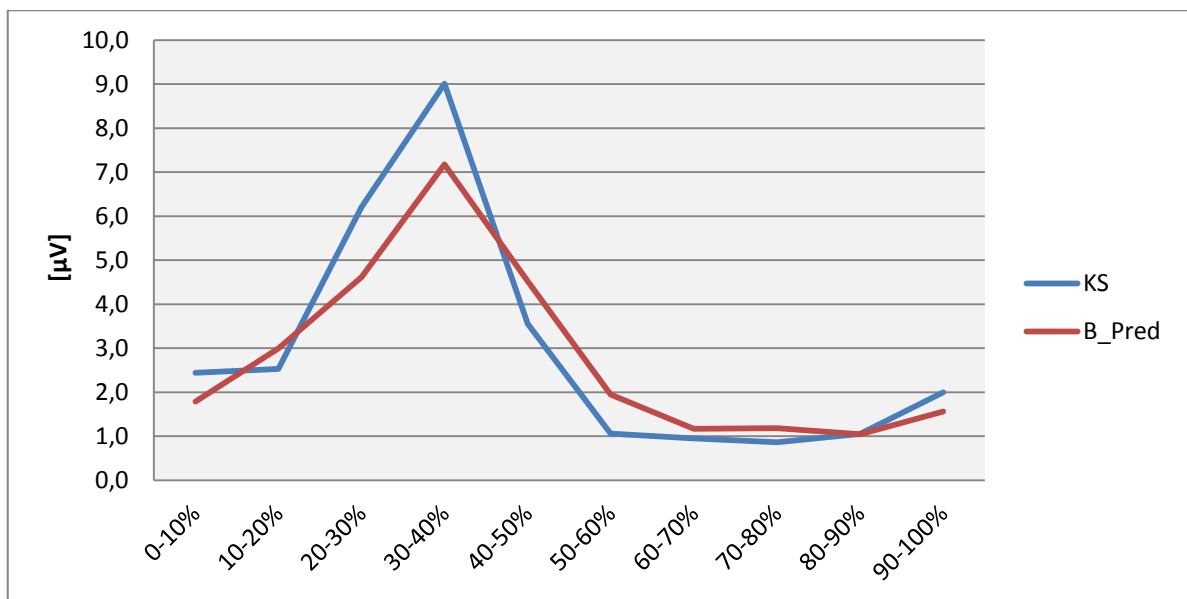
m.PB		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,503	0,168	0,068	0,168	0,225	0,437	0,852	0,689	0,270	0,270
	Cohenovo d	0,30	0,61	0,68	0,70	0,45	0,41	0,29	0,02	0,50	0,46

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre *m. soleus* a *m. gastrocnemius medialis* sme nezistili štatistické ani vecne významné rozdiely v prevedení chôdze baletných tanečníkov pred terapiou v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Pre *m. gastrocnemius lateralis* bol zistený štatisticky významný rozdiel v 50 – 60 % krokového cyklu, kedy bola jeho aktivita u baletných tanečníkov pred terapiou **výrazne vyššia** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 11. Grafické znázornenie aktivity *m. gastrocnemius lateralis* počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

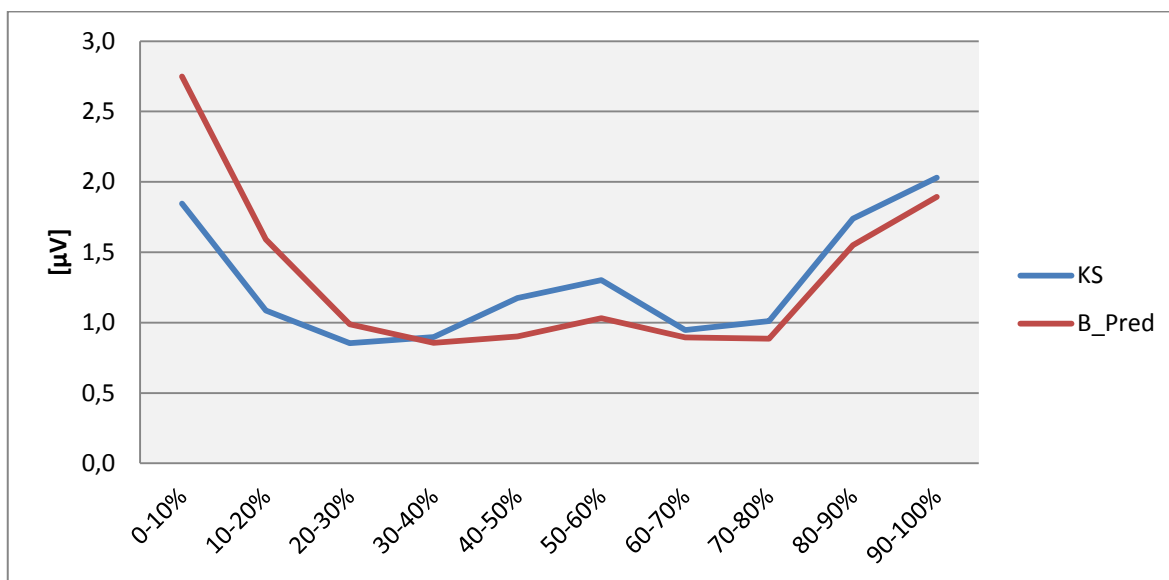
Tabuľka 4. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. gastrocnemius lateralis u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

m.GL		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,545	0,511	0,390	0,362	0,390	0,034	0,153	0,125	0,960	0,840
	Cohenovo d	0,49	0,19	0,42	0,07	0,38	1,00	0,63	0,82	0,38	0,00

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom ($0,8 \leq$) a čiernou je označená štatistická významnosť ($p < 0,05$).

Pre **m. rectus femoris** bol zistený v 40 – 60 % krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou vecne významný rozdiel stredného efektu, kedy tento sval preukazoval **nižšiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 12. Grafické znázornenie aktivity m. rectus femoris počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

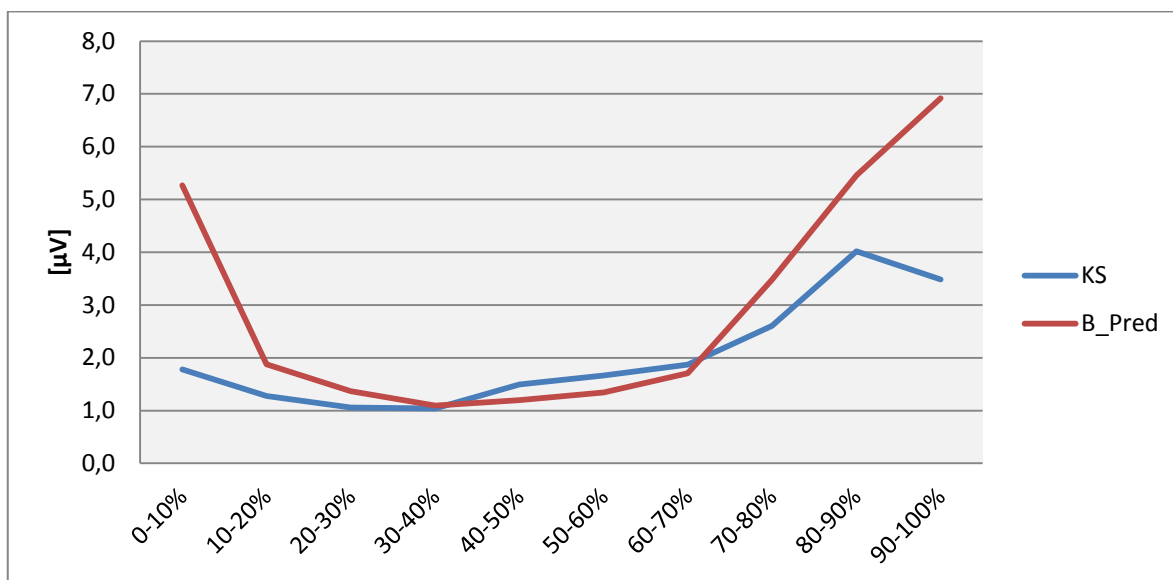
Tabuľka 5. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. rectus femoris u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

m.RF		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,437	0,098	0,376	0,769	0,098	0,123	0,437	0,437	0,137	0,503
	Cohenovo d	0,37	0,10	0,09	0,25	0,72	0,66	0,01	0,24	0,30	0,08

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. semitendinosus** bol zistený v 0 – 20 % krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou vecne významný rozdiel stredného efektu, kedy tento sval preukazoval **vyššiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 13. Grafické znázornenie aktivity m. semitendinosus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

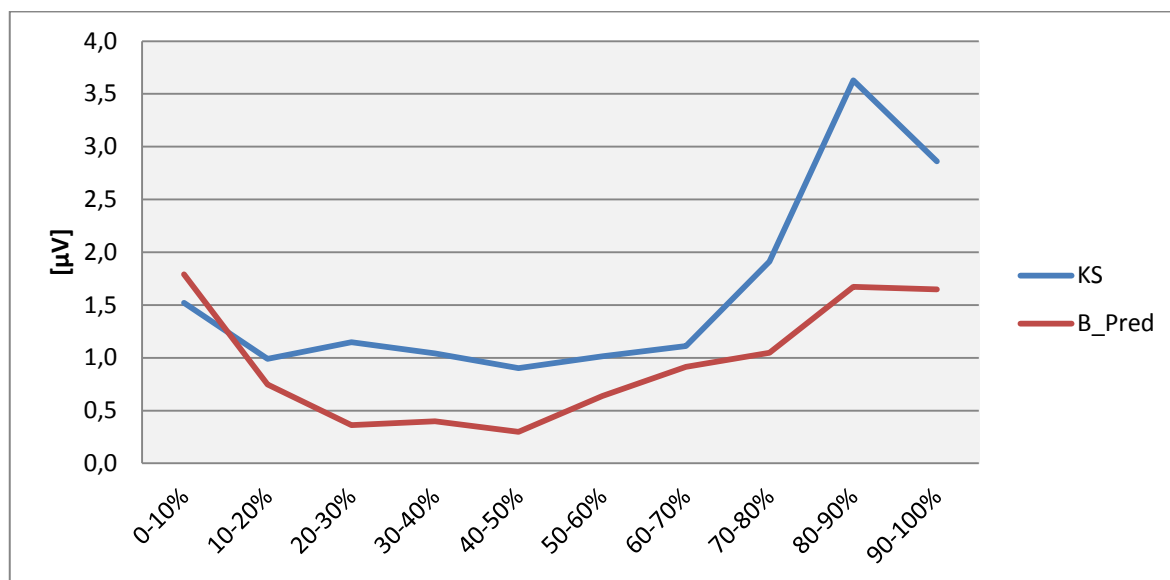
Tabuľka 6 Znáozornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. semitendinosus u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

m.Semi		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,153	0,579	0,840	0,880	0,960	0,311	0,479	1,000	0,880	0,687
	Cohenovo d	0,62	0,52	0,27	0,13	0,09	0,43	0,05	0,03	0,09	0,02

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. biceps femoris** bol zistený štatisticky významný rozdiel v 20 – 30 % krokového cyklu, kedy bola jeho aktivita u baletných tanečníkov pred terapiou **výrazne nižšia** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 14. Grafické znázornenie aktivity m. biceps femoris počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

Tabuľka 7. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. biceps femoris u baletných tanečníkov pred terapiou a u kontrolnej skupiny

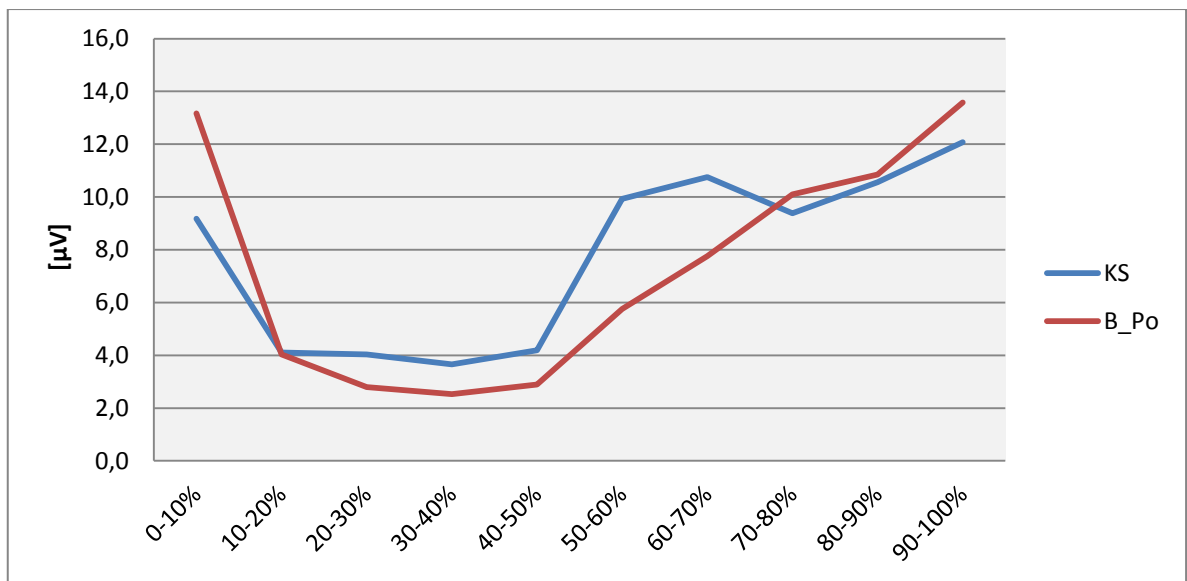
m.BF		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Pred x KS	Mann Whitney U test - p	0,960	0,336	0,044	0,113	0,362	0,418	0,223	0,186	0,113	0,287
	Cohenovo d	0,01	0,44	1,00	0,65	0,22	0,35	0,22	0,54	0,67	0,27

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤) a čiernou je označená štatistická významnosť (p<0,05).

5.1.2 Súbor baletných tanečníkov po terapii a kontrolná skupina

Pre **m. tibialis anterior** bol v 0 – 10 % krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii zistený vecne významný rozdiel so stredným efektom, kedy preukazoval **vyššiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou a v 10 – 20 a 40 – 60 % krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii preukazoval **nižšiu aktivitu** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti.

Obrázok 15. Grafické znázornenie aktivity m. tibialis anterior počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

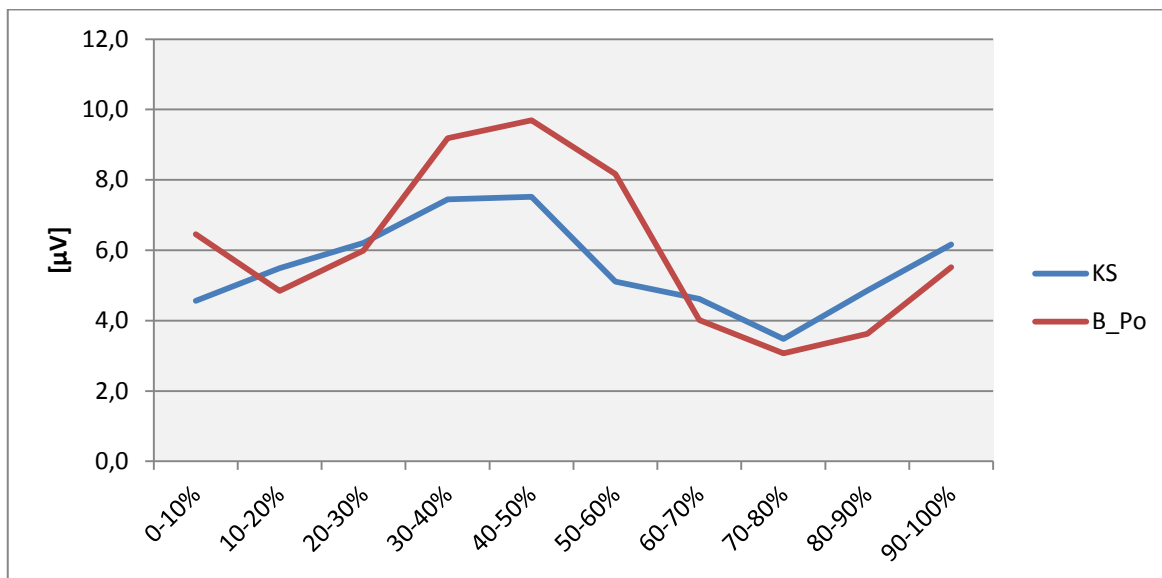
Tabuľka 8. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. tibialis anterior u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.TA		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,228	0,821	0,539	0,123	0,069	0,140	0,456	0,771	0,872	0,497
	Cohenovo d	0,74	0,50	0,01	0,36	0,65	0,55	0,37	0,18	0,09	0,27

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. peroneus longus** bol zistený štatisticky významný rozdiel v 40 – 50 % krokového cyklu, kedy bola jeho aktivita u baletných tanečníkov po terapii **výrazne vyššia** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 16. Grafické znázornenie aktivity m. peroneus longus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

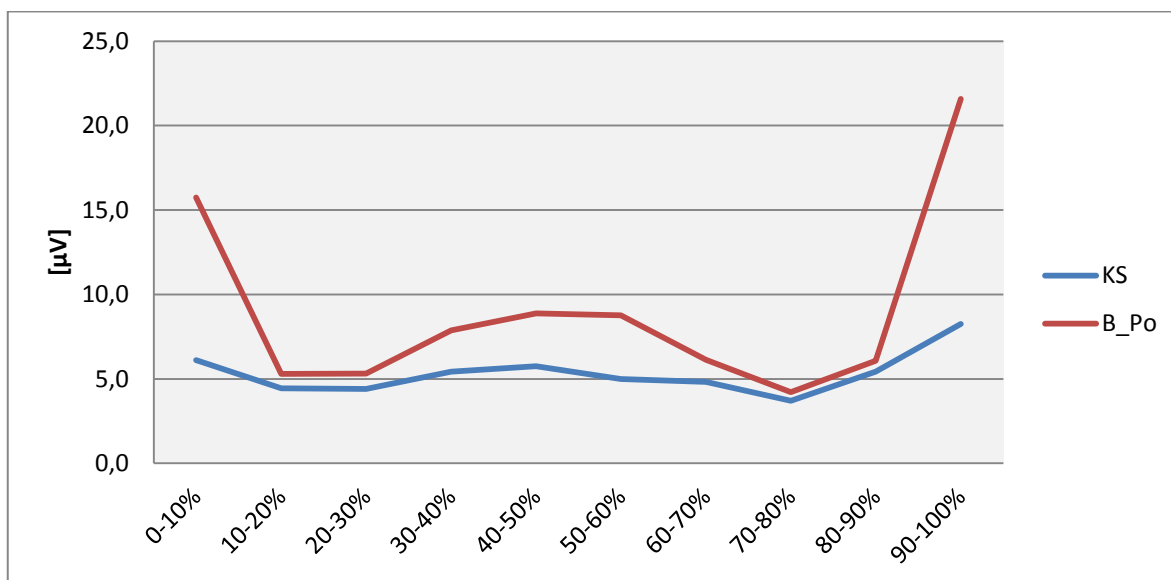
Tabuľka 8. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. peroneus longus u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.PL		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,605	1,000	0,784	0,257	0,049	0,232	0,784	0,563	0,208	0,738
	Cohenovo d	0,22	0,02	0,09	0,67	1,10	0,57	0,47	0,11	0,40	0,15

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤) a čiernou je označená štatistická významnosť (p<0,05).

Pre **m. peroneus brevis** bol v 0 – 10 a v 40 – 60 % krokového cyklu zistený štatisticky významný rozdiel, kedy jeho aktivita bola u baletných tanečníkov po terapii **výrazne vyššia** v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Obrázok 17. Grafické znázornenie aktivity m. peroneus brevis počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

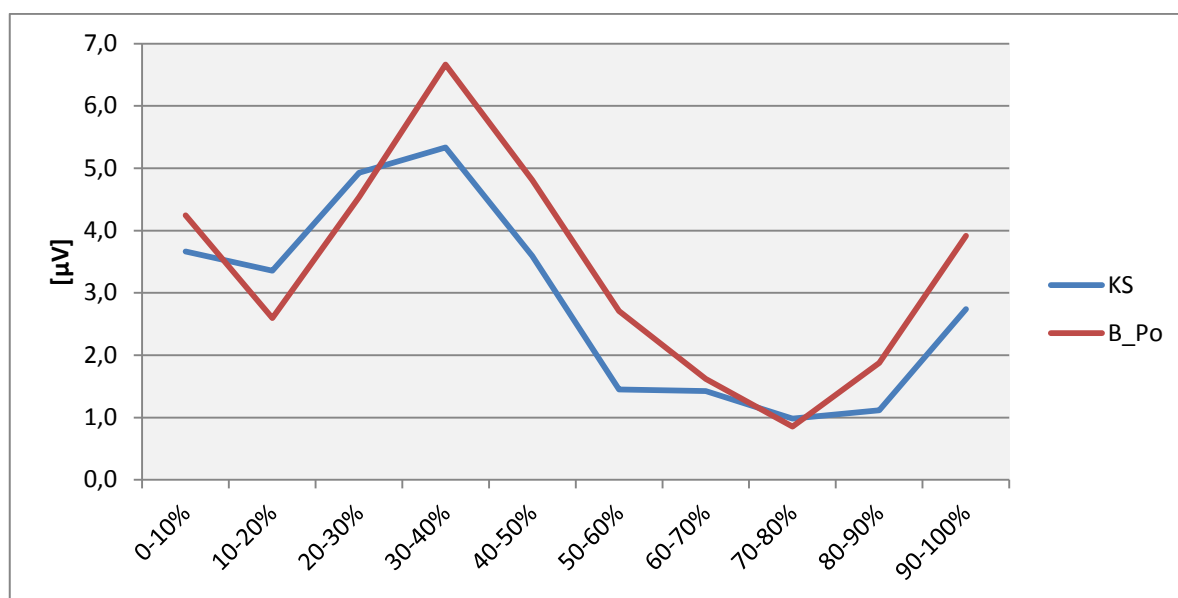
Tabuľka 9. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. peroneus brevis u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.PB		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,036	0,235	1,000	0,431	0,030	0,017	0,051	0,357	0,744	0,060
	Cohenovo d	0,82	0,12	0,08	0,47	0,94	0,53	0,47	0,44	0,27	0,82

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤) a čiernou je označená štatistická významnosť (p<0,05).

Pre **m. soleus** bola zistená v 0 – 10, 40 – 50 a 60 – 70 % krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii **vyššia aktivita** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti a v 50 – 60 % toho istého krokového cyklu taktiež **vyššia aktivita** v porovnaní s kontrolnou skupinou s vysokým efektom na hladine vecnej významnosti.

Obrázok 18. Grafické znázornenie aktivity m. soleus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

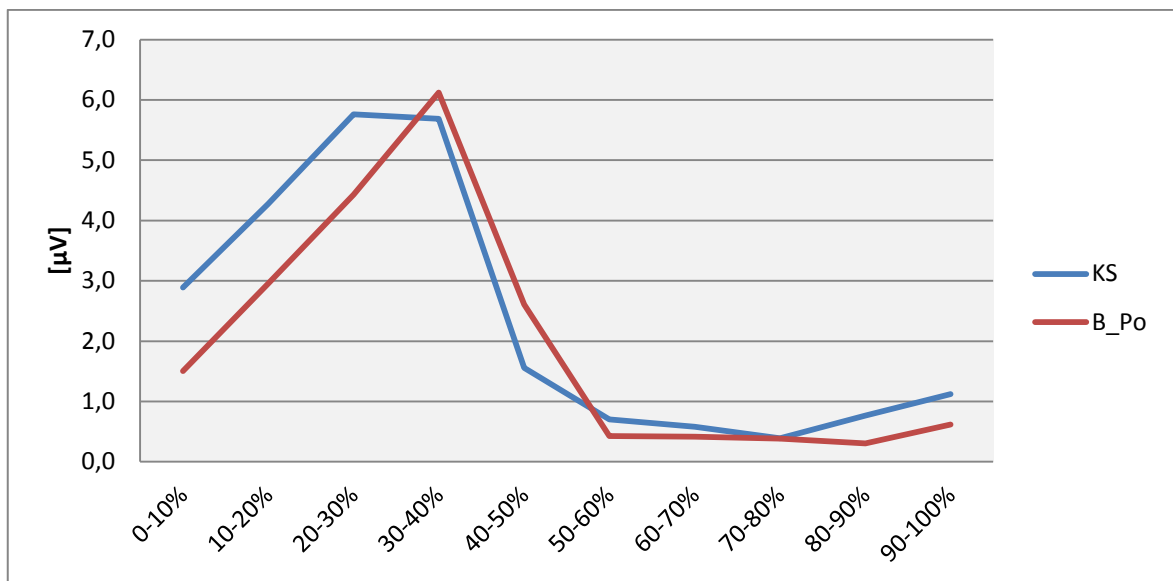
Tabuľka 10. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. soleus u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.SOL		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,851	0,571	0,571	1,000	0,473	0,270	0,571	0,910	0,970	0,792
	Cohenovo d	0,76	0,03	0,18	0,02	0,54	0,96	0,79	0,44	0,10	0,13

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤).

Pre **m. gastrocnemius medialis** v 40 – 50 % krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii bola zistená **vyššia aktivita** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti a ďalej v 50 – 60 % krokového cyklu preukázanie **nižšej aktivity** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti.

Obrázok 19. Grafické znázornenie aktivity m. gastrocnemius medialis počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

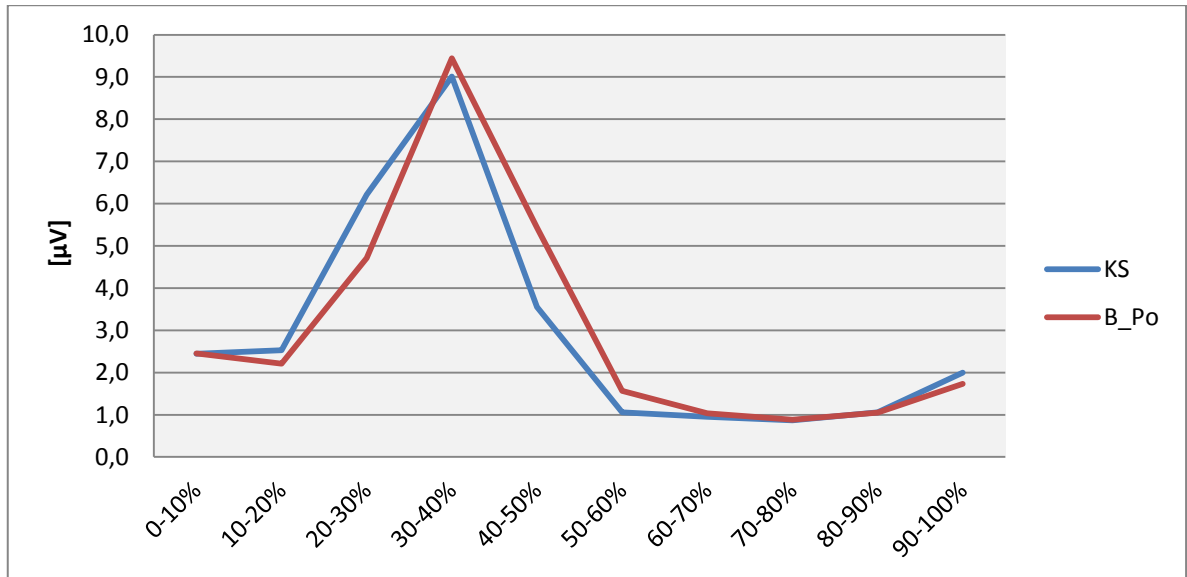
Tabuľka 11. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. gastrocnemius medialis u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.GM		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,115	0,563	0,522	0,563	0,166	0,832	0,832	0,927	0,257	0,088
	Cohenovo d	0,24	0,08	0,07	0,41	0,67	0,59	0,23	0,13	0,12	0,14

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. gastrocnemius lateralis** v 50 – 60 % krokového cyklu bola zistená u baletných tanečníkov po terapii štatisticky významne **vyššia aktivita** ako u kontrolnej skupiny.

Obrázok 20. Grafické znázornenie aktivity m. gastrocnemius lateralis počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

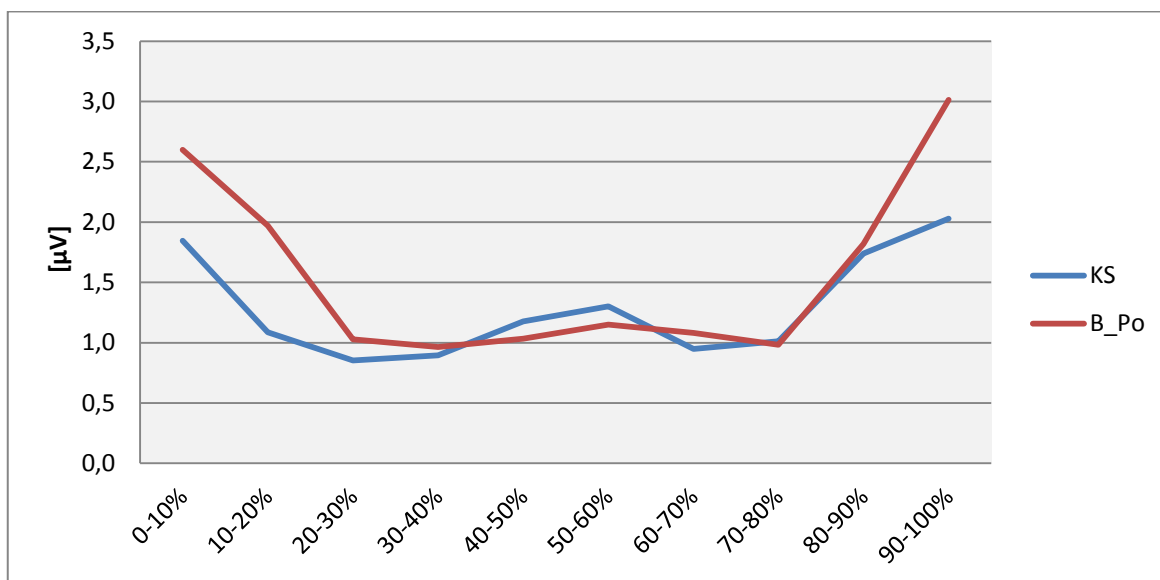
Tabuľka 12. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. gastrocnemius lateralis u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.GL		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,784	0,784	0,101	0,879	0,077	0,042	0,343	0,832	0,879	0,648
	Cohenovo d	0,55	0,09	0,66	0,25	0,41	0,96	0,58	0,28	0,19	0,38

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom ($0,8 \leq$) a čiernou je označená štatistická významnosť ($p < 0,05$).

Pre **m. rectus femoris** bola zistená u baletných tanečníkov po terapii **vyššia aktivita** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti v 0 – 30, 60 – 70 a 90 – 100 % krokového cyklu.

Obrázok 21. Grafické znázornenie aktivity m. rectus femoris počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

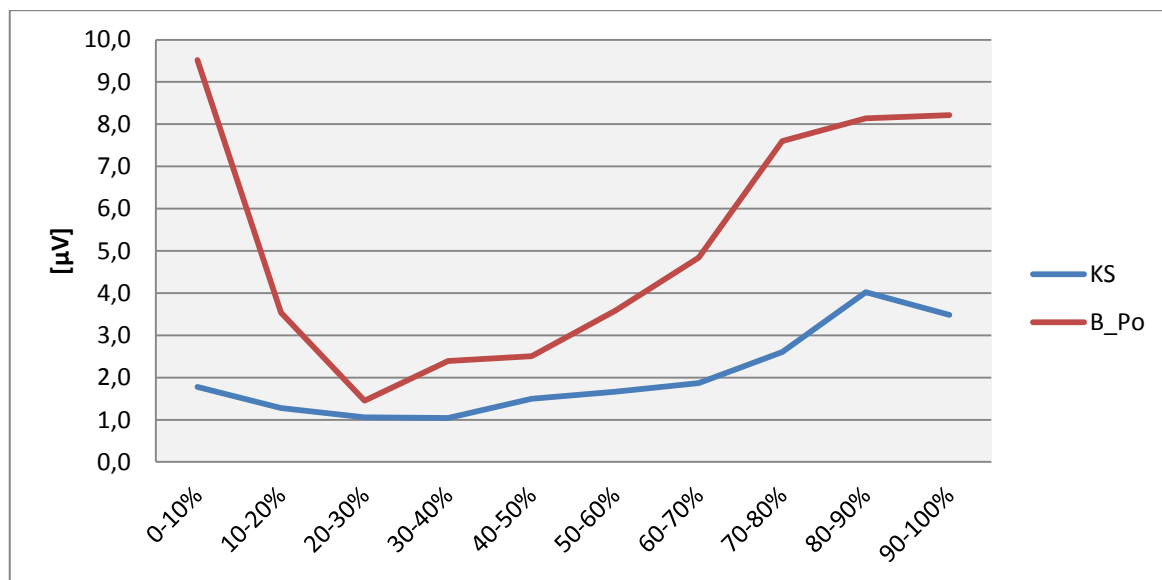
Tabuľka 13. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. rectus femoris u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.RF		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann										
	Whitney	0,093	0,107	0,123	0,539	0,497	0,923	0,203	0,974	0,872	0,539
	U test - p										
	Cohenovo d	0,73	0,59	0,59	0,32	0,43	0,40	0,54	0,27	0,50	0,65

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. semitendinosus** bola zistená v 0 – 20 % krokového cyklu štatisticky významne **vyššia aktivita** u baletných tanečníkov po terapii ako u kontrolnej skupiny

Obrázok 22. Grafické znázornenie aktivity m. semitendinosus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

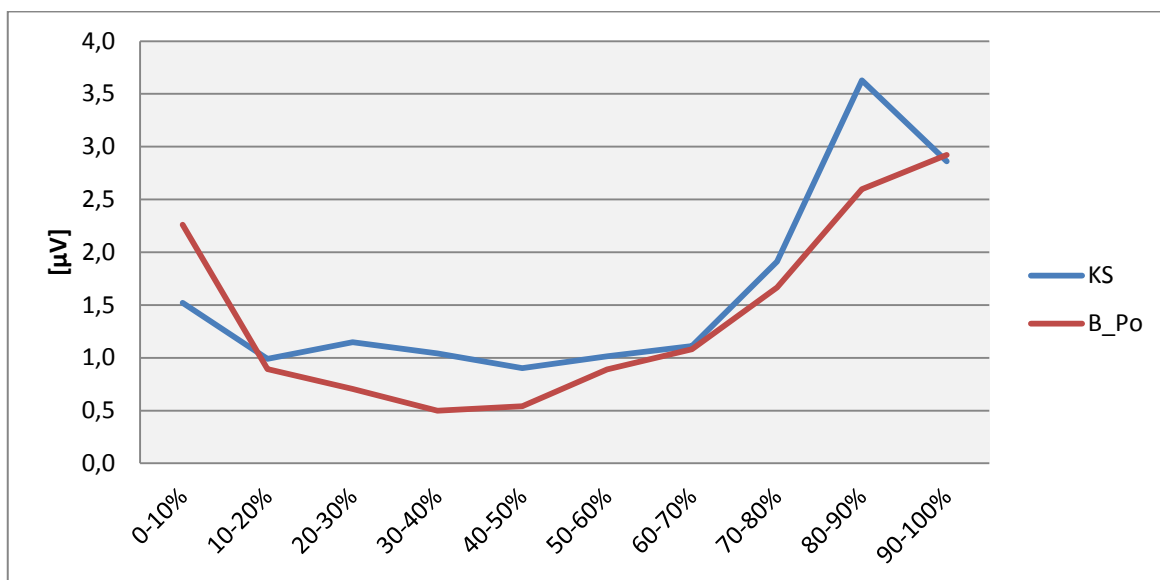
Tabuľka 14. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. semitendinosus u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.Semi		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann Whitney U test - p	0,015	0,036	0,148	0,257	0,115	0,483	0,284	0,343	0,208	0,232
	Cohenovo d	1,11	1,12	0,59	0,58	0,78	0,48	0,51	0,73	0,72	0,68

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom ($0,8 \leq$) a čiernou je označená štatistická významnosť ($p < 0,05$).

Pre **m. biceps femoris** bola zistená u baletných tanečníkov po terapii **vyššia aktivita** v porovnaní s kontrolnou skupinou so stredným efektom na hladine vecnej významnosti v 0 – 10 % krokového cyklu.

Obrázok 23. Grafické znázornenie aktivity m. biceps femoris počas krokového cyklu u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny



Legenda: KS – kontrolná skupina, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

Tabuľka 15. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m.biceps femoris u baletných tanečníkov po terapii a u kontrolnej skupiny

m.BF		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
B_Po x KS	Mann										
	Whitney	0,257	0,879	0,563	0,522	0,693	1,000	0,832	0,410	0,483	0,879
	U test - p										
	Cohenovo	0,60	0,14	0,26	0,10	0,14	0,32	0,02	0,35	0,25	0,33

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

5.2 Výsledky k výskumnej otázke č.2:

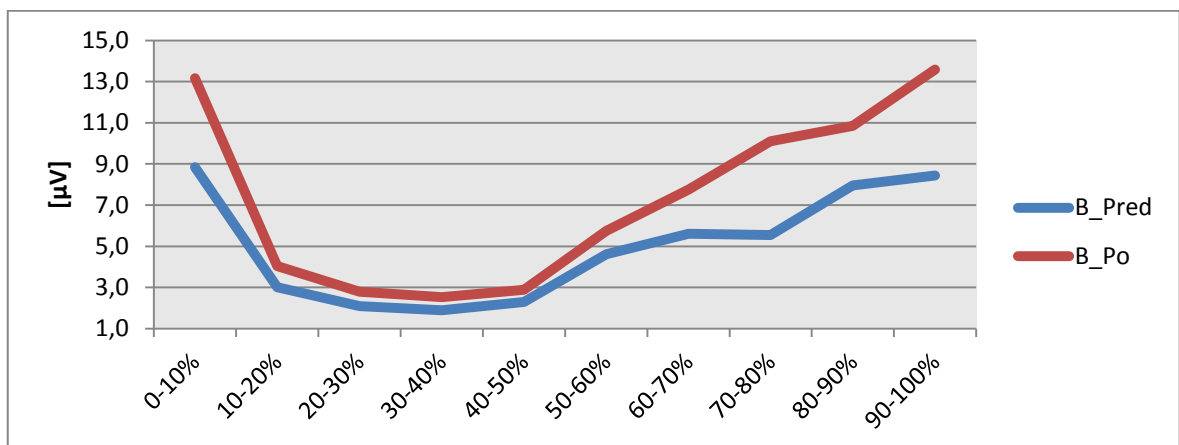
Výskumná otázka znie:

Odlišuje sa svalová aktivita počas chôdze u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii?

5.2.1 Súbor baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pre **m. tibialis anterior** bolo zistené **zvýšenie** jeho **aktivity** po rehabilitačnej intervencii v 10 – 40 a 90 – 100 % krokového cyklu na strednej a vysokej hladine vecnej významnosti.

Obrázok 24. Grafické znázornenie aktivity m. tibialis anterior počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

Tabuľka 16. Znáročnenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. tibialis anterior u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

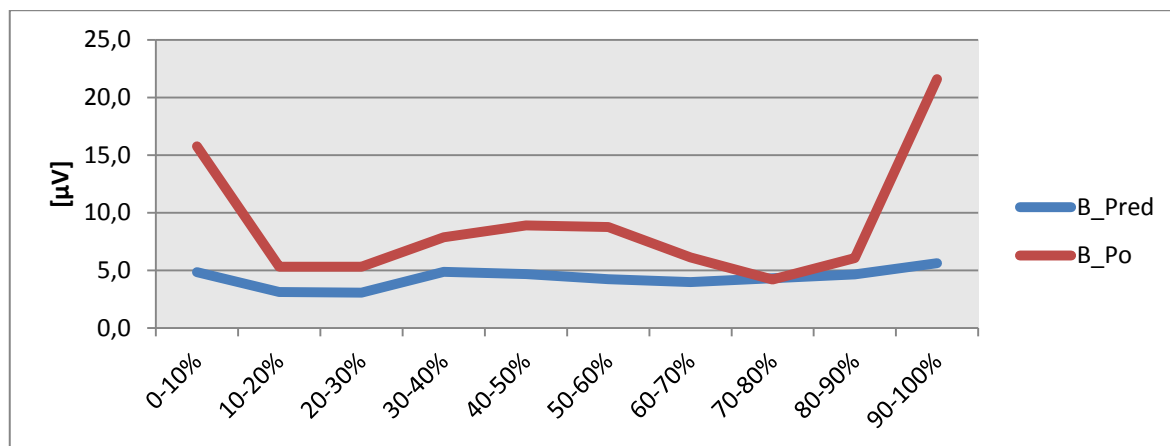
Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m.TA	Wilcoxon - p	0,646	0,333	0,139	0,285	0,799	0,508	0,721	0,959	0,878	0,508
	Cohenovod	0,21	0,53	0,86	0,68	0,18	0,29	0,34	0,11	0,33	0,56

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤).

Pre m. peroneus longus a m. gastrocnemius medialis neboli nájdené štatisticky ani vecne významné rozdiely v prevedení chôdze baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii.

Pre **m. peroneus brevis** bol zistený štatisticky významný rozdiel vo **zvýšení** jeho aktivity v 40 – 60 % krokového cyklu po rehabilitačnej intervencii.

Obrázok 25. Grafické znázornenie aktivity m. peroneus brevis počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

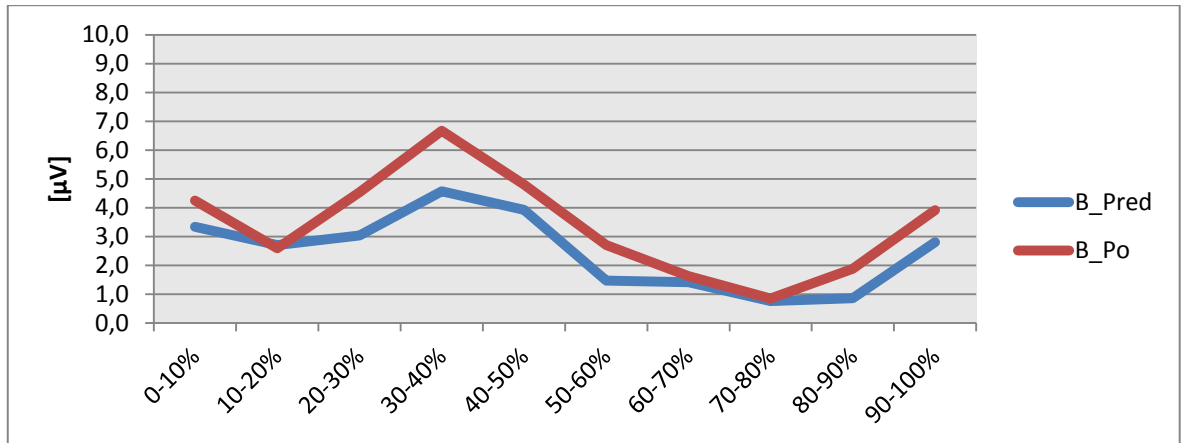
Tabuľka 17. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. peroneus brevis u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m.PB	Wilcoxon - p	0,161	0,208	0,575	0,093	0,012	0,012	0,208	0,779	0,779	0,093
	Cohenovo d	1,39	0,75	0,68	0,94	1,26	1,32	0,96	0,43	0,57	1,42

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤) a čiernou je označená štatistická významnosť (p<0,05).

Pre **m. soleus** bol zistený vecne významný rozdiel stredného efektu v svalovej aktivite po rehabilitačnej terapii, kedy **vzrástla** v 50 – 70 % krokového cyklu.

Obrázok 26. Grafické znázornenie aktivity m. soleus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

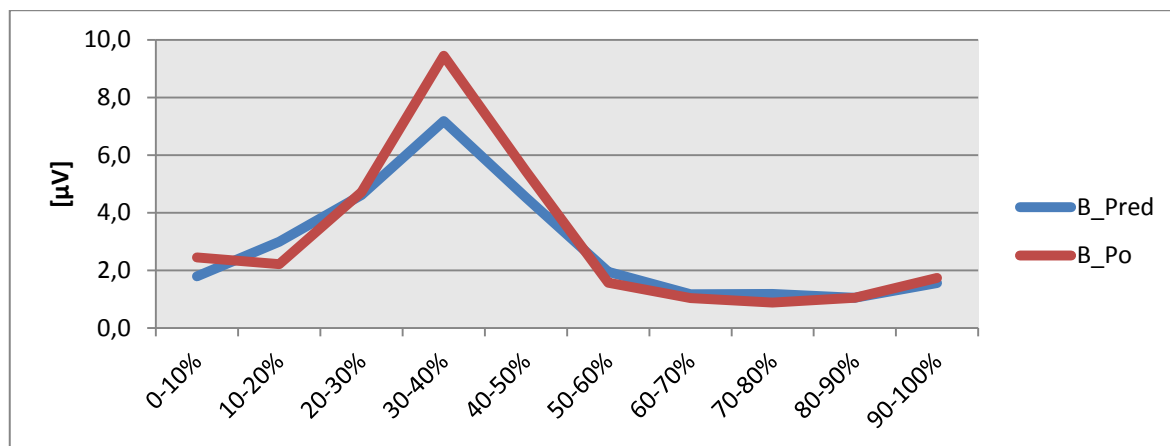
Tabuľka 18. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. soleus u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m.Sol	Wilcoxon - p	0,249	0,249	0,173	0,463	0,075	0,600	0,345	0,249	0,173	0,249
	Cohenovo d	0,23	0,06	0,14	0,38	0,29	0,79	0,69	0,31	0,18	0,21

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. gastrocnemius lateralis** bol zistený vecne významný rozdiel stredného efektu v svalovej aktivite po rehabilitačnej terapii, kedy **klesla** v 70 – 80 % krokového cyklu.

Obrázok 27. Grafické znázornenie aktivity m. gastrocnemius lateralis počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

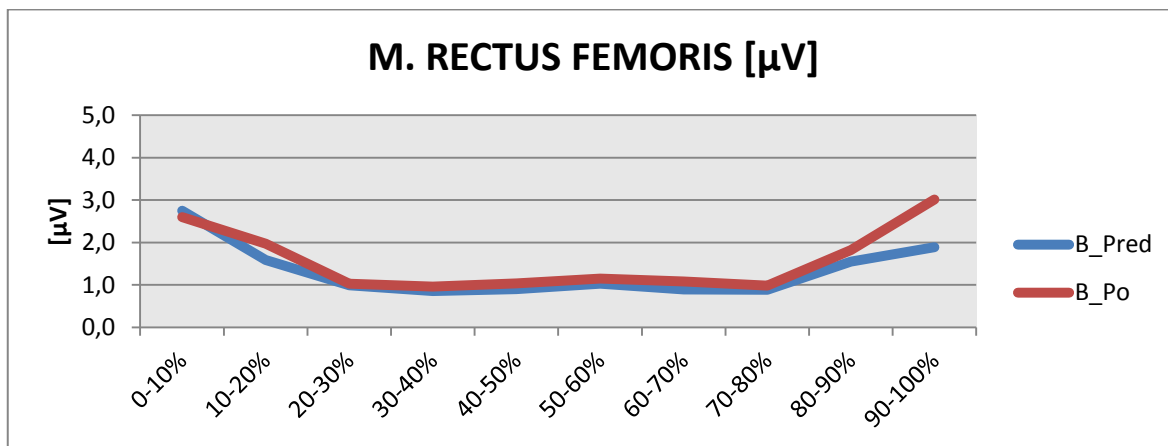
Tabuľka 19. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. gastrocnemius lateralis u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m.GL	Wilcoxon - p	0,959	0,386	0,241	0,959	0,878	0,508	0,721	0,074	0,445	0,959
	Cohenovo d	0,12	0,29	0,40	0,10	0,16	0,39	0,07	0,53	0,17	0,36

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. rectus femoris** bol zistený po rehabilitačnej terapii vecne významný rozdiel stredného efektu, kedy **znížil** svoju aktivitu v 0 – 10 % krokového cyklu a v 10 – 20, 50 – 70 a 80 – 100 % krokového cyklu svoju aktivitu **zvýšil**.

Obrázok 28. Grafické znázornenie aktivity m. rectus femoris počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

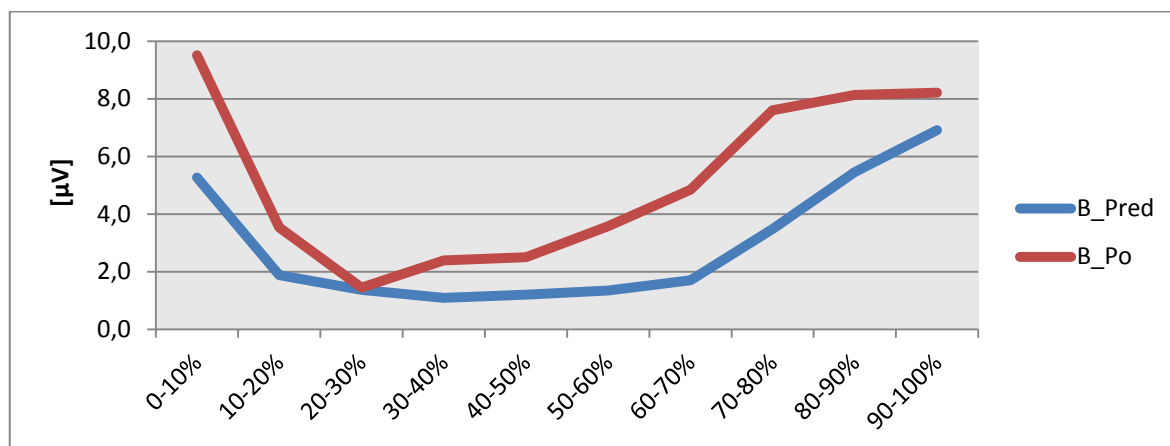
Tabuľka 20. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. rectus femoris u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m.RF	Wilcoxon - p	0,799	0,508	0,333	0,333	0,575	0,445	0,445	0,721	0,386	0,386
	Cohenovo d	0,66	0,71	0,67	0,49	0,21	0,64	0,54	0,41	0,57	0,69

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Pre **m. semitendinosus** bolo zistené **zvýšenie** jeho **aktivity** po rehabilitačnej intervencii v 0 – 10 a 40 – 100 % krokového cyklu na strednej a vysokej hladine vecnej významnosti.

Obrázok 29. Grafické znázornenie aktivity m. semitendinosus počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

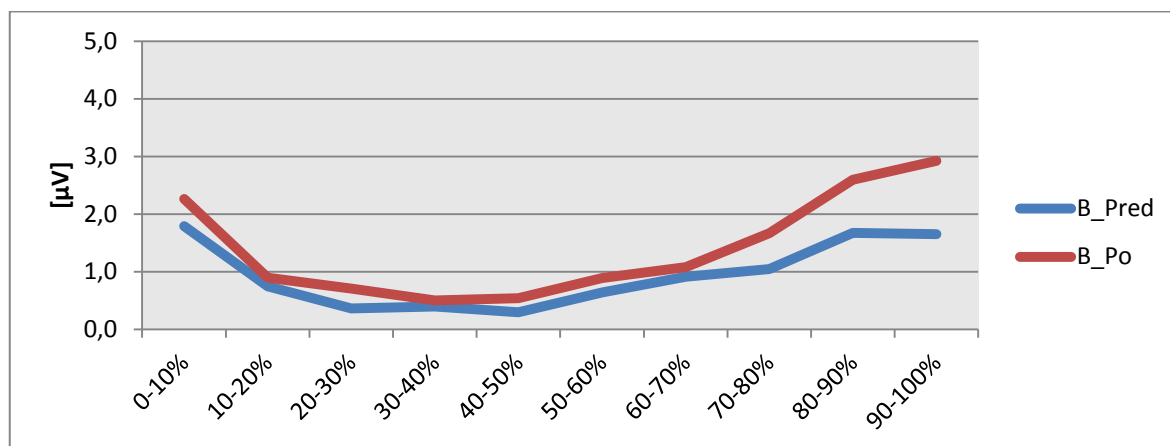
Tabuľka 21. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. semitendinosus u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m. Semi	Wilcoxon - p	0,203	0,508	0,646	0,878	0,445	0,059	0,203	0,203	0,139	0,114
	Cohenovo d	0,75	0,32	0,25	0,43	0,62	0,87	0,59	0,68	0,68	0,69

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79), červenou farbou je označená vecná významnosť s veľkým efektom (0,8≤).

Pre **m. biceps femoris** bolo zistené **zvýšenie** jeho **aktivity** po rehabilitačnej intervencii v 0 – 30, 50 – 60 a 90 – 100 % krokového cyklu na strednej hladine vecnej významnosti.

Obrázok 30. Grafické znázornenie aktivity m. biceps femoris počas krokového cyklu u baletných tanečníkov pred a po terapii



Legenda: B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, os x – časti krokového cyklu [%], os y – hodnoty svalovej aktivity [µV].

Tabuľka 22. Znázornenie štatistickej a vecnej významnosti v rozdieloch svalovej aktivity m. biceps femoris u baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii

Pred x Po		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%
m.BF	Wilcoxon - p	0,114	0,059	0,169	0,203	0,445	0,203	0,646	0,646	0,721	0,169
	Cohenovo d	0,61	0,58	0,67	0,42	0,28	0,54	0,20	0,21	0,39	0,57

Legenda: modrou farbou je označená vecná významnosť stredného efektu (0,5-0,79).

Timing svalov v jednotlivých fázach krokového cyklu

Tabuľka 23. Timing meraných svalov počas jednotlivých častí krokového cyklu u kontrolnej skupiny, u baletných tanečníkov pred rehabilitačnou terapiou a u baletných tanečníkov po rehabilitačnej terapii

0 - 10 % KC	KS	M.TA	M.PB	M.PL	M.SOL	M.GM	M.GL	M.RF= M.SEMI	M.BF	
	B_Pred	M.TA	M.PL	M. SEMI	M.PB	M.SOL	M.RF	M.GL= M.BF	M.GM	
	B_Po	M.PB	M.TA	M. SEMI	M.PL	M.SOL	M.RF	M.GL	M.BF	M.GM
10 - 20 % KC	KS	M.PL	M.PB	M.GM	M.TA	M.SOL	M.GL	M. SEMI	M.RF	M.BF
	B_Pred	M.GM. = M.PL	M.PB	M.TA= M.GL	M.SOL	M. SEMI	M.RF	M.BF		
	B_Po	M.PB	M.PL	M.TA	M. SEMI	M.GM	M.SOL	M.GL	M.RF	M.BF
20 - 30 % KC	KS	M.PL= M.GL	M.GM	M.SOL	M.PB	M.TA	M.SEMI = M.BF	M.RF		
	B_Pred	M.PL	M.GL	M.GM	M.PB	M.SOL	M.TA	M. SEMI	M.RF	M.BF
	B_Po	M.PL	M.PB	M.GL	M.SOL	M.GM	M.TA	M. SEMI	M.RF	M.BF
30 - 40 % KC	KS	M.GL	M.PL	M.GM	M.PB	M.SOL	M.TA	M.BF= M.SEMI	M.RF	
	B_Pred	M.PL	M.GL	M.PB	M.SOL	M.GM	M.TA	M. SEMI	M.RF	M.BF
	B_Po	M.GL	M.PL	M.PB	M.SOL	M.GM	M.TA	M. SEMI	M.RF	M.BF
40 - 50 % KC	KS	M.PL	M.PB	M.TA	M.GL= M.SOL	M.GM	M. SEMI	M.RF	M.BF	
	B_Pred	M.PL	M.PB	M.GL	M.SOL	M.TA	M.GM	M. SEMI	M.RF	M.BF
	B_Po	M.PL	M.PB	M.GL	M.SOL	M.TA	M.GM	M. SEMI	M.RF	M.BF

50 - 60 % KC	KS	M.TA	M.PL	M.PB	M. SEMI	M.SOL	M.RF	M.GL	M.BF	M.GM
	B_Pred	M.PL	M.TA	M.PB	M.GL	M.SOL	M. SEMI	M.RF	M.BF	M.GM
	B_Po	M.PB	M.PL	M.TA	M. SEMI	M.SOL	M.GL	M.RF	M.BF	M.GM
60 - 70 % KC	KS	M.TA	M.PB	M.PL	M. SEMI	M.SOL	M.BF	M.GL	M.RF	M.GM
	B_Pred	M.TA	M.PL	M.PB	M. SEMI	M.SOL	M.GL	M.BF= M.RF	M.GM	
	B_Po	M.TA	M.PB	M. SEMI	M.PL	M.SOL	M.RF= M.BF	M.GL	M.GM	
70 - 80 % KC	KS	M.TA	M.PB	M.PL	M. SEMI	M.BF	M.SOL = M.RF	M.GL	M.GM	
	B_Pred	M.TA	M.PB	M.PL	M. SEMI	M.GL	M.BF	M.RF	M.SOL	M.GM
	B_Po	M.TA	M. SEMI	M.PB	M.PL	M.BF	M.RF	M.SOL = M.GL	M.GM	
80 - 90 % KC	KS	M.TA	M.PB	M.PL	M. SEMI	M.BF	M.RF	M.GL= M.SOL	M.GM	
	B_Pred	M.TA	M. SEMI	M.PB	M.PL	M.BF	M.RF	M.GL	M.SOL	M.GM
	B_Po	M.TA	M. SEMI	M.PB	M.PL	M.BF	M.SOL	M.RF	M.GL	M.GM
90 - 100 % KC	KS	M.TA	M.PB	M.PL	M. SEMI	M.BF	M.SOL	M.GL= M.RF	M.GM	
	B_Pred	M.TA	M. SEMI	M.PB	M.PL	M.SOL	M.RF	M.BF= M.GL	M.GM	
	B_Po	M.PB	M.TA	M. SEMI	M.PL	M.SOL	M.RF	M.BF	M.GL	M.GM

Legenda: KC – krokový cyklus, KS – kontrolná skupina, B_Pred – baletní tanečníci pred rehabilitačnou terapiou, B_Po – baletní tanečníci po rehabilitačnej terapii, M.TA – m. tibialis anterior, M.PL – m. peroneus longus, M.PB – m. peroneus brevis, M.SOL – m. soleus, M.GL – m. gastrocnemius lateralis, M.GM – m. gastrocnemius medialis, M.RF – m. rectus femoris, M.SEMI – m. semitendinosus, M.BF – m. biceps femoris.

6 DISKUSIA

Perry uvádza že činnosť extenzorov bedrového kĺbu počas krokového cyklu je ku koncu obdobia stredného švihu a trvá až po obdobie postupného zaťažovania a to v nasledovnom timingu: *caput longum* m. *biceps femoris*, m. *semimembranosus*, m. *semitendinosus*, m. *adductor magnus* a ako posledným je m. *gluteus maximus* (Perry, 1992). Z extenzorov bedrového kĺbu boli nami merané len m. *biceps femoris* a m. *semitendinosus*. Naše výsledky potvrdzujú aktivitu vyššie uvedených svalov v tomto období, avšak v svalovom timingu sme zistili rozdiely. U oboch skupín, ako u experimentálnej, tak aj u kontrolnej, bola vždy aktivácia spomínaných svalov v poradí: najprv m. *biceps femoris* a potom m. *semitendinosus*. Hodnoty svalovej aktivity m. *semitendinosus* boli u baletných tanečníkov pred aj po rehabilitačnej intervencii vyššie ako u kontrolnej skupiny.

Z flexorov bedrového kĺbu bol nami meraný m. *rectus femoris*, ktorý taktiež pracuje ako extenzor kolenného kĺbu, a ktorého aktivitu uvádza Perry v období pasívneho odlepenia a na začiatku zahájenia švihu (Perry, 1992). Naše výsledky ukázali, že svalová aktivita m. *rectus femoris* pretrvávala v celom období švihu, vrátane obdobia iníciaľného kontaktu, s čím súhlasí aj Véle (2006). Aktivita m. *gastrocnemius medialis et lateralis* je Perry popisovaná v období strednej opory až do predšvihového obdobia, kedy sa ich aktivita rapídne znižuje (Perry, 1992). Naše výsledky korelujú s Perry (1992) a taktiež s Vélem (2006), ktorý definuje aktivitu mm. *gastrocnemii* v 15 – 50 % krokového cyklu, čo zodpovedá obdobiu strednej opory až po predšvihové obdobie. M. *soleus* sa aktivuje v období strednej opory s vrcholom aktivity v období aktívneho odrazu a v predšvihovej fáze jeho aktivita rýchlo klesá (Perry, 1992; Véle, 2006). Naše výsledky súhlasia s týmito autormi, avšak zaznamenali sme ešte zvýšenie aktivity m. *soleus* v období iníciaľného kontaktu. M. *peroneus longus* a m. *peroneus brevis* sa aktivujú pri postupnej záťaži prednej časti chodidla a svoju aktivitu znížia v strede predšvihovej fázy (Perry, 1992). Véle (2006) rozlišuje aktivitu peroneálnych svalov každého zvlášť. Aktivitu m. *peroneus longus* popisuje od začiatku postupného zaťažovania až po pasívne odlepenie a aktivitu m. *peroneus brevis* až v období strednej opory trvajúcu až do predšvihového obdobia. Naše výsledky poukázali obzvlášť pri zobrazení svalového timingu počas krokového cyklu vysoké hodnoty aktivity oboch svalov počas celého obdobia chôdze. Avšak jej výrazne zvýšenie sme zvlášť zaznamenali u m. *peroneus longus* v období strednej opory po predšvihové obdobie

a taktiež bolo jej opätovné zvýšenie zaznamenané v období iniciálneho kontaktu až po postupné zaťažovanie. U m. peroneus brevis bolo zvýšenie aktivity zvlášť zaznamenané v období aktívneho odrazu a taktiež ako aj u m. peroneus longus v období iniciálneho kontaktu až po postupné zaťažovanie. Aktivita m. tibialis anterior markantne vzrastá od švihy dolnej končatiny až po obdobie postupného zaťažovania. Potom v období strednej opory rapídne klesne (Perry, 1992; Véle, 2006). Naše výsledky sú totožné.

Brunner a Romkes uvádzajú ako možné príčiny abnormálnych EMG vzorcov svalovej aktivity a svalového timingu svalovú slabosť, rôzne kĺbne deformity, bolesť a pod. Ako príklad kompenzačného mechanizmu pri oslabenom svale uvádzajú dôležitý sval pre udržanie postury m. triceps surae, ktorý za použitia chodidla ako ramena páky pohlcuje reakčnú silu podložky, čím produkuje extenčný moment pôsobiaci na kolenný a bedrový kĺb. Tým sa minimalizuje svalová aktivita potrebná k udržaniu vzpriamenej postury. Ak je m. triceps surae oslabený, nastáva neprimeraný posun tibie vpred ponad chodidlo, počas fázy opory a kvôli zabezpečeniu stability a posturálnej kontroly musia byť aktivované ďalšie svaly (Brunner, Romkes; 2008). Murley a kol. popisuje dopad plochonožia na svalovú aktivitu počas chôdze. V opornej fáze krokového cyklu uvádza pokles aktivity m. peroneus longus a naopak zvýšenie aktivity m. tibialis anterior. V švihovej fáze popisuje nárast aktivity m. tibialis posterior a pokles aktivity m. peroneus longus. Toto zistenie vysvetľuje ako neuromuskulárnu kompenzáciu redukcie preťaženia mediálnej pozdĺžnej nožnej klenby (Murley a kol., 2009). Lee a kol. našli u baletných tanečníkov, ktorí mali v anamnéze zranenie členkového kĺbu, zavedené ochranné/vyhybavé stratégie v prevedení baletných skokov ako ochranu pred opätovným zranením. Počas týchto skokov u nich zaznamenali odlišný svalový timing a svalovú aktivitu a takisto väčšie úsilie pre zabezpečenie stability členkového kĺbu, v porovnaní s baletnými tanečníkmi, ktorí neprekonali žiadne zranenie (Lee a kol., 2012). Možnosť abnormálnych vzorcov svalovej aktivity z dôvodu prítomnosti funkčnej alebo štrukturálnej patológie muskuloskeletálneho systému sme sa však v našom výskume snažili vylúčiť podmienkou neprítomnosti úrazu alebo chirurgického zákroku v oblasti nohy a dolnej končatiny posledných 6 mesiacov pred zaradením do výskumu.

Baletní tanečníci podstúpili počas rehabilitačnej terapie v našom výskume aj reedukáciu chôdze. Na grafickom zobrazení vo výsledkoch bolo možné pri niektorých svaloch sledovať, že ich aktivita sa po rehabilitačnej terapii priblížila hodnotám

kontrolnej skupiny, ale pri niektorých svaloch bolo zrejmé, že sa rozdiely medzi oboma skupinami ešte viac po rehabilitačnej terapii prehĺbili. Ďalšiu skutočnosť, ktorú sme si mohli všimnúť na svalovej aktivite baletných tanečníkov, bola určitá extrémnosť. Tento jav sme mohli pozorovať napr. pri aktivite m. tibialis anterior. V dobe fyziologického nárastu jeho aktivity boli hodnoty u baletných tanečníkov po terapii vyššie v porovnaní s kontrolnou skupinou a v čase fyziologického poklesu jeho aktivity boli v porovnaní s kontrolnou skupinou nižšie. Je možné z tohto zistenia vyvodiť, že motorické učenie u baletných tanečníkov a ich následný celkový pohybový prejav je na základe dlhoročného tréningu na inej úrovni a je veľmi odlišný od bežnej populácie a vyššia kvalita propioceptívnej spätnej väzby posilňuje synergistické svalové skupiny a konsoliduje koordináciu končatín (Kiefer et al., 2013).

Vyššie uvedené zvláštnosti svalovej aktivity u baletných tanečníkov v našom výskume môžeme pripísať ich pravidelnej špecifickej pohybovej aktivite, ktorá vyvoláva adaptačné zmeny aj v CNS. Zmyslom týchto zmien, podobne ako aj v ostatných orgánoch, je spresniť prevedenie pohybu a zlepšiť jeho ekonomiku. Deje sa tak zvýšením počtu vlákien pri kontrakcii a presnou reguláciou činnosti antagonistov oproti pôvodnému stavu. Tento druh nervovej adaptácie predchádza metabolické zmeny v svalových vláknach. Dôkaz, že ide o centrálnu koordinovanú zmenu, spočíva v pozorovaní, že pri tréningu jednej končatiny rastie sila aj druhej netrénovanej. Rastie takisto schopnosť reakcie niektorých zmyslových ústrojenstiev, napr. zraku. Po tenisovom tréningu trvajúcom 12 týždňov sa zvýšila zraková ostrosť o 30 %, čo sa pripisuje zvýšenej koordinácii oko-hybných svalov. Tenisti sú schopní registrovať pohyb predmetu letiaceho veľkou rýchlosťou. Gymnasti sú schopní zrakom rýchlo a presne lokalizovať polohu tela a hlavy, a taktiež realizovať pohyb aj bez optického fixačného bodu. Podobne zvládnu udržať stabilitu a rovnováhu počas sťažených podmienok (Máček, Radvanský, 2011). Po kardiorespiračnej stránke majú baletní tanečníci vyššiu maximálnu spotrebu kyslíka (VO_{2max}) a vyšší anaerobný prah. Avšak v porovnaní s atlétmi, futbalovými hráčmi alebo plavcami majú baletní tanečníci vo všeobecnosti nižšiu fyzickú tréňovanosť v zmysle nižšej VO_{2max} a vyšší výskyt úrazov. Svalová bolesť u baletných tanečníkov je charakterizovaná neskorým nástupom a úrazy vyskytujúce sa u nich, sú charakteristické pre športy s vysokou excentrickou komponentou (Rodrigues-Krause a kol., 2014). Avšak domnienku, že svalové poškodenia zapríčiňuje oxidačný stres vyvolaný vysokou telesnou záťažou tanečníkov,

Rodrigues-Krause a kol. nepotvrdili, naopak popísali pripravenosť baletných tanečníkov na túto situáciu.

Pri kineziologickom vyšetrení baletných tanečníkov v našom výskume, bol zistený nedostatočný svalový korzet v oblasti trupu. Baletní tanečníci musia pre dosiahnutie maximálnych abdukcií 120-130° v bedrovom kĺbe počas baletného tanca, hyperextendovať driekovú chrbticu a panvu mať v čo najväčšej anteverzii (Kapandji 1998). Takéto postavenie driekovej chrbtice a panvy, zabraňuje správnej koaktivácii ventrálnej a dorzálnej muskulatúry trupu. Ďalej má toto postavenie negatívny dopad nielen na trupovú stabilitu, ale aj vonkajšie rotátory bedrového kĺbu, ktoré sú plne funkčné len vtedy, keď je panva pozdĺžne nastavená v strednom postavení (Vojta, Peters; 2010), čo môže byť pre tanečníkov veľkým problémom, pretože používanie vonkajšej rotácie v bedrovom kĺbe je v baletnom tanci dôležitým prvkom. Taktiež Kapandji (1998) popisuje ovplyvnenie postavenia nohy pohybom v bedrovom kĺbe. Pri pohybe bedrového kĺbu smerom do vonkajšej rotácie má podľa neho noha tendenciu supinovať a pozdĺžna nožná klenba stúpať. Véle popisuje svalový reťazec začínajúci os cuneiforme I, pokračujúci cez m. peroneus longus na tibiú, ďalej na fasciu cruris, m. biceps femoris + m. adductor longus, m. obliquus abdominis internus, m. obliquus abdominis externus (druhej strany) a končiac na hrudníku (Véle, 2006). Vďaka nazeraniu na muskuloskeletálny systém baletných tanečníkov z kineziologického pohľadu Kapandjeho, z pohľadu Véleho svalového reťazca, a nakoniec z pohľadu reťazenia funkčných porúch, ktorý nám ponúka Lewit (2003), môžeme k fyzioterapii vedenej u baletných tanečníkov pristupovať veľmi cielene a taktiež vedieť, že svalová aktivita akra dolnej končatiny zasahuje vzdialené články ich pohybového systému.

7 ZÁVERY

Cieľom diplomovej práce bolo objektivizovať špecifiká v prevedení chôdze baletných tanečníkov na základe hodnotenia svalovej aktivity vybraných svalov a zároveň určiť vplyv rehabilitačnej terapie na prevedenie chôdze baletných tanečníkov.

U baletných tanečníkov pred rehabilitačnou terapiou sme zistili štatisticky významné rozdiely v prevedení chôdze v porovnaní s kontrolnou skupinou u: m. biceps femoris bola aktivita u baletných tanečníkov nižšia v porovnaní s kontrolnou skupinou, m. gastrocnemius lateralis bola aktivita u baletných tanečníkov vyššia ako u kontrolnej skupiny, m. tibialis anterior bola aktivita u baletných tanečníkov nižšia v porovnaní s kontrolnou skupinou.

U baletných tanečníkov po rehabilitačnej terapii sme zistili štatisticky významné rozdiely v prevedení chôdze v porovnaní s kontrolnou skupinou u: m. gastrocnemius lateralis bola aktivita u baletných tanečníkov vyššia ako u kontrolnej skupiny, m. peroneus brevis bola aktivita u baletných tanečníkov vyššia v porovnaní s kontrolnou skupinou, m. peroneus longus bola aktivita u baletných tanečníkov vyššia v porovnaní s kontrolnou skupinou, m. semitendinosus bola aktivita u baletných tanečníkov vyššia ako u kontrolnej skupiny.

Štatisticky významné rozdiely v prevedení chôdze baletných tanečníkov pred a po rehabilitačnej terapii sme zistili u m. peroneus brevis, kedy sa jeho aktivita po rehabilitačnej terapii zvýšila.

V našom výskume sme potvrdili odlišnosť svalovej aktivity počas chôdze u baletných tanečníkov v porovnaní so svalovou aktivitou počas chôdze bežnej populácie. Taktiež sme u baletných tanečníkov po rehabilitačnej terapii zaznamenali pri niektorých svaloch priblíženie hodnôt svalovej aktivity k hodnotám svalovej aktivity bežnej populácie. Avšak pri niektorých svaloch sme zaznamenali aj prehĺbenie rozdielov po rehabilitačnej terapii u baletných tanečníkov v porovnaní s kontrolnou skupinou. Tieto výsledky poukazujú na skutočnosť, že rehabilitačná terapia je u baletných tanečníkov potrebná a pri jej vedení treba mať na zreteli ich tréningové zaťaženie a najmä vysokú kvalitu motorických zručností.

8 SÚHRN

Táto diplomová práca sa zaoberala objektivizovaním špecifik v prevedení chôdze baletných tanečníkov na základe hodnotenia svalovej aktivity vybraných svalov a zároveň určovaním vplyvu rehabilitačnej terapie na prevedenie chôdze baletných tanečníkov.

Teoretická časť práce obsahovala poznatky o krokovom cykle a svalovej aktivite počas neho, neurofyziológiu riadenia pohybu a základný vzhľad do baletnej terminológie, baletných pohybov a vo väčšej miere poznatky o vplyve baletu na muskuloskeletálny systém.

Výskumná časť pozostávala z merania svalovej aktivity vybraných svalov počas jedného krokového cyklu (v rámci 10 pokusov) bezdrôtovou povrchovou elektromyografiou firmy Delsys® (Boston, USA) u 13 baletných tanečníkov v priemernom veku $24,4 \pm 3,8$ rokov; výške $171,5 \pm 11$ cm a hmotnosti $61,3 \pm 13,3$ kg a kontrolnej skupiny, ktorú tvorili náhodne vybraní ľudia bežnej populácie v rovnakom počte s priemerným vekom $23 \pm 1,7$ rokov, výškou $172,4 \pm 11,5$ cm a hmotnosťou $68,4 \pm 10,7$ kg a rehabilitačnej terapie baletných tanečníkov, po dobu 6 týždňov za použitia mäkkých a mobilizačných techník a metód na neurofyziologickom základe.

Výsledky potvrdili odlišnosť svalovej aktivity počas chôdze u baletných tanečníkov v porovnaní so svalovou aktivitou počas chôdze bežnej populácie. Taktiež u baletných tanečníkov po rehabilitačnej terapii bolo zaznamenané pri niektorých svaloch priblíženie hodnôt svalovej aktivity k hodnotám svalovej aktivity bežnej populácie.

9 SUMMARY

The aim of this diploma thesis was to determine features in gait of ballet dancers based on muscular activity of particular muscles and to observe influence of physiotherapy on gait of ballet dancers.

The theoretical part of the thesis gathers gait cycle understanding and muscular activity during gait, neurophysiology of locomotor control, basic induction to ballet terminology and ballet movements and bright knowledge of ballet dancing influence on musculoskeletal system.

The research part consists of muscle activity measurements of selected muscles during one gait cycle (by 10 trials) applying Delsys® (Boston, USA) wireless surface electromyography by 13 ballet dancers of age $24,4 \pm 3,8$ years in average, height $171,5 \pm 11$ cms and weight $61,3 \pm 13,3$ kgs and by control group of the same number of participants of random selection from common population in age of $23 \pm 1,7$, height $172,4 \pm 11,5$ cms and weight $68,4 \pm 10,7$ kgs including 6 weeks physiotherapy of ballet dancers applying soft and mobilisation techniques and methods on neurophysiological basis.

The results confirmed difference between gait muscular activity of ballet dancers and gait muscular activity of common population. The muscular activity parametres of ballet dancers after physiotherapy were closer to muscular activity parametres of common population.

10 REFERENČNÝ ZOZNAM

Angiogi, M., Maffulli, G.D., McCormack, M., Morrissey, D., Chan, O. & Maffulli, N. (2014). Early signs of osteoarthritis in professional ballet dancers: a preliminary study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 24(5), 435-437.

Borges, L.S., Bortolon, J.R., Santos, V.C., Moura, N.R., Dermargos, A., Cury-Boaventura, M.F., Gorjão, R., Pithon-Curi, T.C. & Elaine Hatanaka, E. (2014). Chronic inflammation and neutrophil activation as possible causes of joint diseases in ballet dancers. *Mediators Of Inflammation*, 846021, 7 p.

Bowerman, E., Whatman, Ch., Harris, N., Bradshaw, E. & Karin, J. (2014). Are maturation, growth and lower extremity alignment associated with overuse injury in elite adolescent ballet dancers? *Physical Therapy in Sport*, 15, 234-241.

Brodská, B. (2000). *Vybrané kapitoly z dějin baletu*. Praha: Akademie múzických umění.

Brunner, R. & Romkes, J. (2008). Abnormal EMG muscle activity during gait in patients without neurological disorders. *Gait & Posture*, 27(3), 399-407.

Bussellová, D. (1995). *Abeceda baletu*. Praha: Ikar.

Clippinger, K.S. (2007). *Dance anatomy and kinesiology*. Champaign, III.: Human Kinetics.

Comin, J., Cook, J.L., Malliaras, P., McCormack, M., Calleja, M., Clarke, A. & Connell, D. (2013). The prevalence and clinical significance of sonographic tendon abnormalities in asymptomatic ballet dancers: a 24-month longitudinal study. *British Journal Of Sports Medicine*, 47, 89-92.

Dieling, S., M.Sc., Esch, M., & Janssen, T.W.J. (2014). The effect of muscle fatigue on knee joint proprioception in ballet dancers and non-dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 18, 143-148.

- Enoka, R.M. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Champaign, III.: Human Kinetics.
- Ferrari, E.P., Santos Silva, D.A., Martins, C.R., Fidelix, Y.L. & Petroski, E.L. (2013). Morphological characteristics of professional ballet dancers of the Bolshoi theater company. *Collegium Antropologicum*, 37(2), 37-43.
- Gross, J.M., Fetto, J. & Rosen, E. (2005). *Vyšetření pohybového aparátu*. Praha: Triton.
- Haas, J.G. (2010). *Dance anatomy*. Champaign, III.: Human Kinetics.
- Hopper, D.M., 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.
- 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 & Science*, 18,(1), 3-11.
- Jo, S. & Massaquoi, S.G. (2007). A model of cerebrocerebello-spinomuscular interaction in the sagittal control of human walking. *Biological Cybernetics*, 96, 297-307.
- Kapandji, I.A. (1998). *The physiology of the joints (Vol. 2)*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Kiefer, A.W., Riley, M.A., Shockley, K., Sitton, C.A., Hewett, T.E., Cummins-Sebree, S. & Jacqui G. Haas. (2013). Lower-limb proprioceptive awareness in professional ballet dancers. *Journal Of Dance Medicine & Science*, 17(3), 126-132.
- Kolo, F.C., Charbonnier, C., Pfirrmann, Ch.W.A., Duc, S.R., Lubbeke, A., Duthon, V.B., Magnenat-Thalmann, N., Hoffmeyer, P., Menetrey, J. & Becker, Ch.D. (2013). Extreme hip motion in professional ballet dancers: dynamic and morphological evaluation based on magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiology*, 42, 689-698.

- Králiček, P. (2011). *Úvod do speciální neurofyzologie*. Praha: Galén.
- Krobot, A. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Latash, M. (2008). *Synergy*. Oxford ; New York, N.Y.: Oxford University Press.
- Lee, H., Lin, C., Wu, T. & Lin, C. (2012). Changes in biomechanics and muscle activation in injured ballet dancers during a jump-land task with turnout (Sissone Fermée). *Journal Of Sports Sciences*, 30(7), 689-697.
- Lewit, K. (2003). *Manipulační léčba*. Praha: Sdělovací technika.
- Linc, R. & Doubková, A. (1999). *Anatomie hybnosti I.* Praha: Karolinum.
- Máček, M. & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Mráz, P., Binovský, A., Holomáňová, A., Osvaldová, M. & Ruttkay-Nedecká, E. (2004). *Anatómia ľudského tela*. Bratislava: Slovak Academic Press.
- Murley, G.S., Menz, H.B. & Landorf, K.B. (2009). Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *Journal of Foot & Ankle Research*, 2, 35-43.
- Mysliveček, J. (2009). *Základy neurovědy*. Praha: Triton.
- Oatis, C.A. (2009). *Kinesiology*. Baltimore, Md.: Lippincott Williams & Wilkins.
- Perry, J. (1992). *Gait analysis*. Thorofare, N.J.: SLACK Incorporated
- Procházková, M., Teplá, L., Svoboda, Z., Juráková, E. & Janura, M. (2014). Vliv rehabilitace na dynamické zatížení nohy u baletních tanečnicků. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 21(2), 56-61.

Rodrigues-Krause, J., Krause, M., Cunha, G.S., Perin, D., Martins, J.B., Alberton, C.L. & Reischak-Oliveira, A. (2014). Ballet dancers cardiorespiratory, oxidative and muscle damage responses to classes and rehearsals. *European-Journal Of Sport Science*, 14(3), 199-208.

Rose, J. & Gamble, J.G. (1994). *Human walking*. Baltimore: Williams & Wilkins.

Schmidt, R.A. & Lee, T.D. (1999). *Motor control and learning*. Champaign, Ill.: Human Kinetics.

Smidt, G.L. (1990). *Gait in rehabilitation*. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Takakusaki, K. (2013). Neurophysiology of Gait: From the Spinal Cord to the Frontal Lobe. *Movement Disorders: Official Journal Of The Movement Disorder Society*, 28(11), 1483-1491.

Travell, J.G. & Simons, D.G. (1992). *Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. Baltimore: Williams & Wilkins.

Trojan, S. (2003). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada.

Vařeka, I. & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Véle, F. (2006). *Kineziologie*. Praha: Triton.

Whittle, M.W. (2007). *Gait analysis an introduction*. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Vojta, V. & Peters, A. (2010). *Vojtův princip*. Praha: Grada.

Bezdrôtový emg systém firmy delsys. Retrieved 30.10.2015 from the World Wide Web: <http://www.delsys.com/products/wireless-emg/trigno-lab/>.

11 PRÍLOHY

Príloha 1



**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 směnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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