

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Katedra fyzioterapie

Okamžitý vliv foam rollingu vybraných svalových skupin na posturální stabilitu

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Mgr. Michaela Stupková

Vypracovala:

Bc. Jana Švejdová

Odborný konzultant:

PhDr. Helena Vomáčková, Ph. D.

Praha 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Michaely Stupkové a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 27. 4. 2023

.....

podpis diplomanta

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucí práce Mgr. Michaelé Stupkové za věcné připomínky a rady. Dále bych chtěla poděkovat PhDr. Heleně Vomáčkové, Ph.D. za pomoc s experimentální částí a zpracováním výsledků. V neposlední řadě také všem zúčastněným probandům, kteří se aktivně podíleli na vzniku této práce, a JV za odborné konzultace při statistickém zpracování výsledků. Poděkování patří také mé rodině a kamarádům, kteří mě podporovali během celého studia.

Abstrakt

Název: Okamžitý vliv foam rollingu vybraných svalových skupin na posturální stabilitu

Cíle: Cílem této diplomové práce je prokázat vliv jednorázové intervence vybraných svalových skupin na posturální stabilitu u mladé zdravé sportující populace pomocí přístroje Neurocom SMART Equitest.

Metody: Projekt je experimentální pilotní studií s celkovým počtem 34 probandů, kteří byli randomizovaně rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny. Na začátku všichni absolvovali měření posturální stability pomocí NeuroCom Smart EquiTest Systém. Pro účely měření byly vybrány tři testovací protokoly: Motor Control Test (MCT), Limits of Stability (LOS) a Adaptation test (ADT). Experimentální skupina provedla po prvním měření foam rolling lýtky, ischiokrurálních svalů, iliotibiálního traktu, quadricepsu, středního a malého hýžděového a erektorů hrudní páteře. Každá svalová skupina byla rollována po dobu 1 minuty. Ihned po intervenci byla opět změřena posturální stabilita pomocí stejných protokolů. Kontrolní skupina absolvovala druhé měření s odstupem 10 minut od prvního měření. Naměřená data byla zpracována pomocí programu Neurocom Balance Manager Software. Výsledky měření byly zprůměrovány v rámci jednotlivých skupin a zpracovány pomocí programu MS Excel a poté byla vypočtena statistická významnost pomocí párového a nepárového t-testu a klinická významnost pomocí Cohenova D. Hladina statistické významnosti byla nastavena na $p < 0,05$.

Výsledky: Většina hypotéz byla vyvrácena, pouze 2 hypotézy byly potvrzeny. Hypotéza H2¹ byla potvrzena díky statisticky i klinicky významnému zlepšení rychlosti první motorické odpovědi (Composite Score) na vychýlení plošiny v rámci testovacího protokolu Motor Control Test. Další potvrzenou byla hypotéza H1³, protože došlo k výraznějšímu zvětšení průměrné maximální dosažené vzdálenosti COG od středu (Maximal Excursion) v rámci Limits of Stability (malá klinická významnost). Statistickou významnost má také zlepšení v parametru Strength Symmetry v MCT, pouze však při posunech plošiny vpřed. Jediný parametr vycházející výrazně hůře pro experimentální skupinu (střední klinické významnosti) byl Sway Energy Score (ADT) při náklonu plošiny špičkami chodidel dolů. Všechny ostatní parametry

byly v rámci porovnání skupin na hladině malé nebo žádné klinické významnosti. Jako nejvíce průkazný se ukázal testovací protokol Motor Control Test, kde celkově shodně vycházely výsledky lépe pro experimentální skupinu. Bylo tomu tak ale pouze u posunu plošiny vpřed, proto nemohly být potvrzeny žádné další hypotézy.

Shrnutí: Foam rolling pro tuto studii vybraných svalových skupin prokázal pozitivní vliv na alespoň některé parametry v rámci měření posturální stability. Ač jsou výsledky poměrně nejednoznačné, dá se z nich minimálně usoudit na neutrální vliv foam rollingu na posturální stabilitu. Tím pádem by nemělo být kontraproduktivní zařadit foam rolling v rámci warm-upu před sportovním výkonem

Klíčová slova: posturální stabilita, foam rolling, self-myofascial release, rovnováha, dynamická počítačová posturografie, NeuroCom Smart EquiTest

Abstract

Title: Immediate effect of foam rolling of selected muscle groups on postural stability

Aims: The aim of this diploma thesis is to demonstrate the effect of single intervention of foam rolling of selected muscle groups on postural stability in young healthy sports population measured by the Neurocom SMART Equitest device.

Methods: The project is an experimental pilot study with a total of 34 probands who were randomly divided into experimental and control groups. At the beginning, they all went through the postural stability measurement using the NeuroCom Smart EquiTest System. Three test protocols were selected for the measurement: Motor Control Test (MCT), Limits of Stability (LOS) and Adaptation test (ADT). The experimental group underwent foam rolling of calves, ischiocrural muscles, iliotibial tract, quadriceps, gluteus medius and minimus and erectors of the thoracic spine after the first measurement. Each muscle group was rolled for 1 minute. Immediately after the intervention, postural stability was measured again using the same protocols. The control group took the second measurement 10 minutes after the first measurement. The measured data was processed using Neurocom Balance Manager Software. The measurement results were averaged within each group and processed using MS Excel and then the statistical significance using paired and unpaired t-tests and the clinical significance using Cohen's D were calculated. Results with $p < 0,05$ were considered statistically significant.

Results: Most hypotheses were rejected, only two were confirmed. Hypothesis H2¹ was confirmed due to statistically and clinically significant improvement in the speed of the first motor response (Composite Score) within the Motor Control Test protocol. Hypothesis H1³ was also confirmed due to increase in maximal distance of COG reached from the center (Maximal Excursion) in protocol Limits of Stability (low clinical significance). Result of statistical significance was also found in the Strength Symmetry parameter in the MCT, but only when the platform was moving forward. The only parameter significantly worse within the experimental group (of moderate clinical significance) was the Sway Energy Score (ADT) when the platform was tilted toes down. All other parameters were of low or no clinical

significance within the groups. The most conclusive test protocol proved to be the Motor Control Test, where the overall results were better for the experimental group among all parameters, but only with the forward movement of the platform, so no other hypotheses could be confirmed.

Conclusion: Foam rolling of these selected muscle groups demonstrated a positive effect on at least some parameters within the measurement of postural stability. Although the results are relatively ambiguous, it is possible to conclude from them at least a neutral effect of foam rolling on postural stability. Therefore, it should not be counterproductive to include foam rolling as a part of warm-up before sports performance.

Keywords: postural stability, foam rolling, self-myofascial release, balance, dynamic computer posturography, NeuroCom Smart EquiTest

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

∅ - průměrný

CNS – centrální nervová soustava

DOMS – Delayed Onset Muscle Soreness

FR – foam rolling

GAG – glukoasaminoglykan

KV – klinická významnost

LDK – levá dolní končetina

NO – oxid dusnatý

PDK – pravá dolní končetina

PPT – pain pressure treshold

SMR – Self-Myofascial Release

UK FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy

VAS – vizuální analogová škála

OBSAH

1	Úvod.....	11
2	Teoretická východiska	12
2.1	Foam rolling.....	12
2.1.1	Historie.....	12
2.1.2	Charakteristika a typy pěnového válce	13
2.1.3	Zásady foam rollingu	14
2.1.4	Kontraindikace foam rollingu.....	14
2.1.5	Mechanismus účinku	15
2.2	Posturální stabilita.....	33
2.2.1	Vymezení základních pojmů.....	33
2.2.2	Faktory ovlivňující posturální stabilitu.....	35
2.2.3	Řízení posturální stability	35
2.2.4	Měření posturální stability	36
3	Cíle a hypotézy	41
3.1	Cíl práce	41
3.2	Úkoly práce.....	41
3.3	Výzkumné otázky	41
3.4	Hypotézy.....	41
4	Metodika práce.....	43
4.1	Charakteristika výzkumného souboru.....	43
4.2	Použité metody.....	43
4.3	Sběr dat	44
4.4	Analýza dat	45
5	Výsledky	46
5.1	Vyhodnocení Limits of Stability.....	46
5.1.1	Reaction Time.....	46

5.1.2	End Point Excursion (absolutní hodnota rozdílu od 100).....	48
5.1.3	Maximal Excursion.....	50
5.1.4	Directional Control	52
5.2	Vyhodnocení Motor Control Test.....	55
5.2.1	Latency.....	56
5.2.2	Amplitude Scaling	61
5.2.3	Weight symmetry.....	65
5.2.4	Strength symmetry	69
5.3	Vyhodnocení Adaptation Test	73
5.4	Shrnutí výsledků	77
6	Diskuse.....	78
6.1	Diskuse k hypotéze H1	79
6.2	Diskuse k hypotéze H2	82
6.3	Diskuse k hypotéze H3	84
6.4	Diskuse k limitům práce	85
7	Závěr	88
	Seznam použité literatury.....	90
	Přílohy.....	102

1 ÚVOD

Foam rolling se řadí mezi tzv. self-myofascial release techniky, které jsou v posledních letech velmi často využívány jak mezi sportovci, tak v rámci fyzioterapeutické praxe. Největší výhodou těchto pomůcek je to, že jsou určené i pro laickou veřejnost a pro jejich aplikaci není zapotřebí druhá osoba. Odborná veřejnost se zatím neshoduje, zda je foam rolling efektivní spíše před výkonem nebo po něm. Dokonce se polemizuje o tom, zda jsou jeho účinky vůbec prokazatelné.

Předpokládaných efektů foam rollingu je mnoho, mezi nimi například uvolnění svalových trigger pointů, rozbití fasciálních adhezí nebo snížení svalového tonu, které vyústí ve zlepšení flexibility. Dále by tato metoda měla zlepšit výkon či urychlovat regeneraci po něm. Vzhledem k zaujímání posturálně náročných pozic během foam rollingu by také mohlo dojít k aktivaci stabilizačních svalů trupu a v oblasti ramenních kloubů, což by mohlo zlepšit celkovou posturální stabilitu. Zároveň by šlo polemizovat o metodě jako o prostředku exteroceptivní stimulace, což by mělo mít pozitivní vliv na propriocepci. Tento výčet ale obsahuje pouze teoretické efekty foam rollingu.

Skutečné efekty foam rollingu prokázané ve výzkumech a studiích jsou předmětem teoretické části této diplomové práce. Tato část se rovněž bude věnovat základním informacím o posturální stabilitě, faktorům majícím na ni vliv a způsobům jejího měření včetně popisu přístroje NeuroCom Smart EquiTest, který bude použit pro účely měření v rámci experimentální části této diplomové práce

Experimentální část se zaměří na okamžitý vliv provedení jednorázového foam rollingu vybraných svalových skupin na posturální stabilitu. Výsledky budou porovnány s kontrolní skupinou, která intervenci nepodstoupí. Stabilita bude měřena v Kineziologické laboratoři UK FTVS pomocí přístroje NeuroCom Smart EquiTest, který se řadí mezi nejvyspělejší nástroje pro měření dynamické posturální stability v dnešní době.

Výsledky experimentální části by mohly být dalším aspektem v rozhodování, zda foam rolling zařadit v rámci sportovní aktivity. Pokud ano, tak jestli spíše do warm-upu před sportovním výkonem či cool-downu po výkonu.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Foam rolling

Foam rolling je jednou z tzv. „self-myofascial release (SMR)“ technik. Tyto techniky jsou v posledním desetiletí čím dál rozšířenější na poli profesionálního sportu i mezi hobby sportovci. V současnosti najdete SMR pomůcku v téměř každé posilovně, fyzioterapeutické ambulanci či sportovním klubu. Nejčastější podobou jsou právě pěnové válce různých délek a tvrdostí. Může se také jednat např. o různě velké míčky, tzv. duoball (dvojice „míčků“ spojených k sobě), tyče apod (Kazimír, 2007; Wiewelhove, 2019).

Technika foam rollingu se obvykle využívá za účelem zefektivnění tréninkového procesu a urychlení regenerace. Jedná se o techniku „automasáže“, při které je za využití hmotnosti těla v gravitaci vytvářen tlak na rolované tkáně pomocí pěnového válce či jiné pomůcky. Díky změnám pozic pak může subjekt efektivně zacílit na konkrétní svalovou skupinu. Za nesporné výhody rolleru lze považovat především to, že při použití není třeba asistence druhé osoby, dále jeho cenová dostupnost, snadné přenášení z místa na místo, jednoduchost využití pro automasáž, posilování a strečink. (Healey, 2014; Kazimír, 2017) Tato diplomová práce se zabývá využitím foam rolleru jako pomůcky pro automasáž.

2.1.1 Historie

Válce začal jako první využívat izraelský fyzik Moshé Feldenkrais, který je autorem edukační pohybové „Feldenkraisovy“ metody. V jeho interpretaci byly válce považovány spíše za nestabilní plochu, na které jeho žáci trénovali rovnovážné schopnosti a vnímání svého těla v prostoru. Jako masážní pomůcka se objevily v praxi učitele pilates Seana Gallagnera a našly velkou oblibu u broadwayských tanečníků. V Evropě se začaly válce používat přibližně před 15 lety, v Americe ještě zhruba o 10 let dříve.

O jejich oblibu se nejvíce zasloužil Michael Clark, který začal rolování využívat jako formu strečinku a masáže přetížených svalů. V jeho interpretaci se zpočátku jednalo spíše o akupresuru. Postupně se užívání válců rozšířilo mezi různá sportovní odvětví, do fyzioterapeutických ambulancí i mezi laiky (Kazimír, 2017).

2.1.2 Charakteristika a typy pěnového válce

S nárůstem popularity válců začaly vznikat různé tvrdosti, délky, povrchové úpravy, barevné varianty atd. Pro automasáž se nejčastěji využívají kratší válce s rozměry 30x15 centimetrů, naopak delší jsou vhodnější pro posilovací cvičení. Tvrdosti jsou standardně tři: měkké, středně tvrdé a tvrdé. Měkčí válce jsou vhodnější pro začátečníky. Ty nejtvrďší naopak pro profesionální sportovce, kteří jsou na rolování zvyklí. Povrch válce může být hladký nebo s rýhami, vroubky apod (Vychodilová, 2015). Dnes jsou na trhu stovky produktů v různých cenových relacích. Některé dokonce disponují elektronickými vibracemi.



Obrázek 1: Různé typy rollerů a dalších pomůcek pro SMR (Healthy Gym Habits, 2023)

Co se efektivity různých druhů válců týká, jsou dostupné dvě studie, které se tímto tématem zabývaly. První z nich porovnávala efekt 3 druhů povrchů válce (tzv. multilevel s jemnými drážkami, hladký a GRID s většími výstupky) na pasivní rozsah pohybu kolenního kloubu a práh bolesti. Ukázalo se, že čím větší výstupky, tím větší rozdíl před a po intervenci. Válec „GRID“ byl tak neúčinnějším. Autoři studie to připisují větší deformaci tkání, která má lokální mechanický i globální neurofyziologický efekt (Cheatham, 2019).

Druhá studie zkoumala rozdíl mezi hladkým, vroubkovaným válcem a kontrolní skupinou v rámci regenerace. Měřila se hladina laktátu v krvi, povrchová teplota těla a intenzita bolesti pomocí vizuální analogové škály (VAS). Výsledky prokázaly pozitivní účinek rolování na zvýšení odbourání laktátu a působení proti opožděné bolesti svalů (tzv. DOMS, Delayed

Onset Muscle Soreness). Rozdíly mezi jednotlivými druhy válců byly statisticky nevýznamné (Adamczyk, 2020).

Podle těchto výzkumů by se dalo předpokládat, že by válcování jako součást rozcvičky mělo být efektivnější s využitím válce s většími výstupky. Jako regenerační pomůcka je účinné využít jak hladký, tak vroubkovaný válec. Pro jednoznačné vytvoření závěru by však bylo třeba více studií s větším množstvím probandů.

2.1.3 Zásady foam rollingu

Každý autor popisuje techniku foam rollingu trochu odlišně. I v klinických studiích najdeme pokaždé jiný postup. Odlišují se převážně v rychlosti pohybu po válci a délce aplikace tlaku na jednu svalovou skupinu.

Obecné zásady shrnul Ramsay ve své publikaci *Strečink – Anatomie* (2014). Základními z nich jsou:

- doba aplikace přibližně 60 sekund,
- udržování zpevnění středu těla,
- pomalé a přirozené dýchání,
- vyhýbání se kostním výběžkům,
- koncentrace na oblast, která je válcována (Ramsay, 2014).

Michael Boyle ve své nejnovější knize (2021) uvádí, že rolování může být nepříjemné, nemělo by ale způsobovat výraznější bolest. Nikdy by nemělo zapříčinit tvorbu modřin. Obecně by se měl sportovec po foam rollingu cítit lépe.

2.1.4 Kontraindikace foam rollingu

I přesto, že je „válcování“ technikou, kterou může provádět každý z nás bez asistence odborníka, je třeba dbát na kontraindikace této techniky.

Mezi absolutní kontraindikace jakékoli techniky myofasciálního uvolnění (včetně foam rollingu) řadíme:

- horečnaté stavy,
- systémové i lokální záněty,
- otevřené rány,

- hojící se zlomeniny,
- akutní fáze revmatoidních onemocnění,
- nádorová onemocnění,
- antikoagulační léčbu,
- pokročilou osteoporózu a degenerativní onemocnění,
- kožní hypersenzitivitu,
- pokročilý diabetes.

Obezřetní bychom měli být v případě hypotonických osob, u kterých by mohlo dojít k dalšímu snížení napětí. Při válcování zjizvené tkáně je třeba postupovat pomalu, aby to pacientovi bylo komfortní. U atetózy je třeba po rollingu provést stabilizaci segmentu a zapojení do pohybového stereotypu. U počínající osteoporózy aplikujeme pouze mírný tlak. Při instruktáži bychom měli pozorovat, zda cvičenec nezadržuje dech či nekoordinovaně nepolyká. Pokud ano, je třeba provést aktivaci svalů krku a hlavy (Shah, 2012).

2.1.5 Mechanismus účinku

Vzhledem k tomu, že je foam rolling poměrně novou metodou, která se rozšířila až v posledních letech, nebylo zatím jednoznačně vědecky určeno, zda je či není efektivní pro zařazení do tréninku (ať už v rámci warm-upu či cool-downu). Pozitivní účinky na určité vlastnosti tkání jsou předmětem současných klinických studií. Proto se tato kapitola zabývá shrnutím aktuálních výsledků studií v porovnání s předpokládaným efektem foam rollingu.

2.1.5.1 Lokální účinky

Následující podkapitoly se věnují účinkům lokálním, tzn. přímému ovlivnění rolované svalové skupiny nebo tkáně. Vzhledem k tomu, že nelze oddělit centrální vliv od lokálních účinků, je rozdělení pouze orientační.

2.1.5.1.1 Ovlivnění mechanických vlastností svalů a fascií

Už díky názvu technik tzv. „self-myofascial release“, do kterých foam rolling spadá, by se dalo předpokládat, že jeho provedením dochází k uvolnění svalové a fasciální tkáně, odstranění adhezí, obnovení jejich protažitelnosti atd. Tato kapitola se zaměří na stručné představení těchto tkání a současné vědecké stanovisko na jejich ovlivnění pomocí FR.

Svalová tkáň

Svaly jsou základem pro pohyb (nejen vůči okolnímu světu, ale i v rámci těla), protože mají schopnost kontrakce. Existují 3 typy svaloviny – příčně pruhovaná (kosterní), hladká a srdeční. Další odstavce jsou vzhledem k tématu práce věnovány pouze svalům kosterním.

Základní stavební jednotkou je svalové vlákno, které je funkčně rozděleno na sarkomery obsahující vlákna aktinu a myosinu, jejichž skluz umožňuje svalovou kontrakci. Opticky vytváří střídání aktinu a myosinu v sarkomeře pruhování (Rokyta, 2015).

Vlákna kosterního svalu jsou obalena, ale také od sebe oddělena endomysiem a uložena podélně k průměru daného svalu. Sdružují se do snopečků. Snopečky se sdružují do snopců, které obaluje perimysium, a ty pak tvoří celý sval. Sval je obalen epimysiem. Všechny tyto obaly jsou považovány za pravidelnou pojivovou tkáň, a tím pádem spadají pod pojem „fascie“ (Čihák, 2016; Stecco, 2015).

Fascie

Fascie byly během posledních desetiletích přehlíženou oblastí na poli medicíny, a to hlavně proto, že bylo obtížné objektivně změřit jejich kvalitativní změny. Také z toho důvodu, že se z pohledu západní medicíny jedná o konkrétně ohraničenou tkáň, která by šla vypreparovat a jednoznačně definovat. S rozvojem zobrazovacích metod se fasciím začal přikládat stále větší význam (Schleip, 2012).

Autoři se liší v názoru na to, co je a není fascií. Odlišnosti se týkají například toho, zda hovoříme jen o svalové fascii nebo i viscerální, nebo jestli orientace většiny vláken musí směřovat jedním směrem. Proto vznikla komise Fascia Nomenclature Committee, která byla pověřena nalezením co nejuvěstičnější definice a sjednotila tak pohled odborné společnosti na fascie. Komise nakonec došla ke dvěma definicím (Schleip, 2012).

Z více anatomického a morfologického hlediska je fascie pochva, plát nebo jakékoli jiné disekovatelné seskupení pojivové tkáně, které se nachází pod kůží a slouží k připojení, uzavření a oddělení svalů a dalších vnitřních orgánů.

Druhá definice hovoří o fasciálním systému jako o trojrozměrném kontinuu měkké volné a husté vláknité pojivové tkáně, která obsahuje kolagen. Zahrnuje i tukovou tkáň, šlachy, vazy, kloubní pouzdra apod. Fasciální systém prostupuje a obklopuje všechny orgány, svaly, kosti a nervová vlákna a poskytuje tak tělu funkční strukturu a prostředí, které umožňuje všem systémům pracovat integrovaným způsobem. Tato definice víceméně odpovídá českému

výrazu „vazivo“ (Adstrum, 2017; Čech, 2021). Podle Carly Stecco (2015) je za fascii považována veškerá pravá pojivová tkáň.

Stavba pojivové tkáně

Z histologického hlediska se pojivové tkáně skládají z buněk a mezibuněčné hmoty. Mezibuněčná hmota neboli matrix je tvořena vlákny a základní substancí. Prvním typem jsou vlákna elastická, která jsou tenká, obvykle se větví ve 3D síť a umožňují tkáním natažení. Mezi vlákny elastinu se nachází vlákna kolagenu, která jsou velmi odolná vůči tahu. Omezují tak protažitelnost a brání natržení tkáně. Kolagen nejčastěji formuje silná vlákna nebo síť. Existuje ve více než 20 formách. V lidském těle mají největší význam typy I až V s nejčastějším zastoupením typu I (asi 90 %).

Základní substance má gelovitou strukturu, která umožňuje návrat tkáně do původního stavu po zátěži, volný pohyb kolagenních vláken, absorpci síly a tím ochranu kolagenních vláken. Je složena z vody a glukoasaminoglykanů (GAG), které se vážou s proteiny a tvoří tak proteoglykany. Většina GAG má slabě negativní náboj, takže váže vodu, díky čemuž má právě strukturu gelu. Důležitým GAG je kyselina hyaluronová, která nemá negativní náboj, ale přes speciální protein se váže k proteoglykanům, čímž vznikají velké hydrofilní molekuly, které mohou navázat až 10 000x více vody, než je jejich objem. To dodává vlhkost kůži, lubrikuje svaly a šlachy klouzající po kostře nebo aponeurotické fascii. Pokud dojde ke zmnožení kyseliny hyaluronové, začne se z ní tvořit sůl hyaluronan, který už schopnost vázat vodu nemá. Substance tak ztratí gelovité vlastnosti, dojde k omezení skluznosti, a to přispívá k bolesti, zánětu a ztrátě funkce.

V pojivové tkáni (a tím pádem ve fascii) můžeme najít velké množství různých buněk. Nejvýznamnějšími jsou fibroblasty, které produkují elastin a kolagen. Důležitým faktorem ovlivňujícím syntézu těchto látek je mechanické zatížení. Při mechanickém stresu dochází nejprve k zániku kolagenu a poté k postupné syntéze nového kolagenu, čímž dochází k adaptaci na zatížení. Fibroblasty se také mohou diferencovat na chondroblasty či osteoblasty.

Pokud je fibroblast vystaven nadměrnému zatížení, začne hromadit aktinová vlákna a přemění se na myofibroblast, který má schopnost kontrakce, a tak může zvýšit bazální tonus fascie. To může mít za následek např. vznik zmrzlého ramene či Dupuytrenovy kontraktury. Myofibroblasty jsou velmi důležité při hojení, protože zavírají ránu a drží její okraje u sebe. Po zhojení by měly zaniknout, ale v aktivních jizvách mohou zůstat.

Poměrně nově objevenými buňkami jsou fasciocyty, které jsou podobné fibroblastům a syntetizují základní substanci bohatou na kyselinu hyaluronovou. Aktivují se pouze působením velké komprese spolu se smykovým pohybem (Stecco, 2018).

Dalšími buňkami v pojivové tkáni jsou např. adipocyty, nediferencované mesenchymální buňky, makrofágy, mastocyty, lymfocyty, buňky plazmy a bílé krvinky (Stecco, 2015).

Dělení pojivové tkáně

Existují 3 typy pojivové tkáně: specializovaná, pravá a embryonální. Dále se bude tato podkapitola zabývat pouze pravou pojivovou tkání, do které spadají také fascie.

Pravou pojivovou tkáň dělíme na volnou a hustou. Volná tkáň má v těle největší zastoupení. Obsahuje velké množství základní substance a málo vláken (hlavně neuspořádaných kolagenních vláken, ale i elastických). Hlavními buňkami jsou fibroblasty, objevují se zde ale i adipocyty. Při větším množství adipocytů sloužících k ukládání tuku mluvíme spíše o tukové tkáni. Volná pojivová tkáň má odlišnou strukturu v různých částech těla. Umožňuje vzájemný skluz svalů a orgánů, difúzi živin do buněk a metabolitů z buněk. Také vyplňuje prostor mezi jednotlivými orgány.

Hustá pojivová tkáň se vyznačuje přítomností velkého množství robustních vláken, která jsou uspořádána do tak husté sítě, že mezi nimi a buňkami není žádný volný prostor. Hlavní úlohou husté tkáně je přenos sil do vzdálených míst těla a spojení orgánů nebo svalů. Podle toho, zda převažují vlákna kolagenní nebo elastická vlákna a podle jejich orientace se dělí na nepravidelnou a pravidelnou. Nepravidelná tkáň má neorganizované uspořádání kolagenních vláken a zahrnuje dermis a povrchové fascie, které vzájemně propojuje povrchová tuková tkáň rozdělená do sept pomocí retinaculi cutis superficiales.

Pravidelná tkáň má kolagenní vlákna uspořádaná paralelně se směrem sil, které na danou část těla působí. Dělíme ji podle funkce na:

- ligamenta spojující dvě kosti (mají také hodně elastických vláken),
- šlachy, které spojují sval s kostí (obsahují velmi málo elastických vláken) a podle jejich tvaru jsou buď tubulární, nebo ploché (aponeurózy),
- hluboké fascie spojující sval s jiným svalem
- myofasciální expanze spojující sval s fascií (ploché nebo tubulární) a

- epimysium a perimysium (Stecco, 2015).

Mezi hlubokou a povrchovou fascií je hluboká tuková tkáň rovněž uspořádaná do sept. Jednotlivá septa jsou oddělena pomocí retinaculi cutis profunda.

Hluboké fascie jsou všechny uspořádané, husté, fibrózní vrstvy v kontaktu se svalem. Vzhledem k jejich tloušťce a vazbě na svaly je můžeme rozdělit na 2 typy: aponeurotickou a epimysiální.

Aponeurotická fascie je silnější a od svalu pod ní je oddělena vrstvou řídkého vaziva bohatého na hyaluronan. Obaluje více svalů a vzájemně je propojuje. Tyto fascie se původně jevily jako neuspořádané. Později bylo zjištěno, že jde o iluzi díky dvou až třívrstevnému uspořádání kolagenních vláken. Každá vrstva je sama o sobě uspořádaná (Benetazzo, 2011). Jednotlivé vrstvy jsou od sebe odděleny tenkou vrstvou řídkého vaziva obsahující kyselinu hyaluronovou, což umožňuje vzájemnou skluznost. Je bohatě vaskularizovaná a inervovaná (obsahuje mechanoreceptory, volná nervová zakončení). Na propriocepci se však významně nepodílí. Větší význam v propriocepci mají tzv. retinacula, což jsou zesílené aponeurotické fascie, která vznikají na místech zvýšeného mechanického stresu.

Aponeurotická fascie končetin a trupu se od sebe biomechanicky liší. Zatímco na končetinách je aponeurotická fascie se svaly propojena pouze pomocí myofasciálních expanzí (např. lacertus fibrosus bicepsu brachii) a umožňuje tak volný skluz svalů pod ní, na trupu slouží spíše jako „plochá šlacha“, do níž se upínají celé svaly se svým epimysiem (např. thorakolumbální fascie). Z mikroskopického a makroskopického hlediska se však neliší.

Úkolem aponeurotických fascií je přenos sil mezi svaly, sousedícími klouby i na větší vzdálenost (např. z trupu na dolní končetiny). Síla kontrahovaného svalu se přenáší pomocí myofasciálních spojek na fascii, ve které se aktivují mechanoreceptory. Natažení fascie stimuluje svalová vřetenka jiného svalu, a tak podporuje svalovou aktivitu ve směru tzv. myofasciálních řetězců,

Epimysiální fascie je tenčí a přímo obaluje a prostupuje jeden konkrétní sval. Definuje tak jeho formu a objem. Má také vliv na přenos sil, spíše však v lokálním měřítku – přenos v rámci svalových snopečků a snopců. Řadíme sem jak epimysium, tak perimysium a endomysium. Epimysium a perimysium jsou vzájemně propojeny, což hraje významnou roli v přenosu sil.

Epimysiální fascie má podobnou stavbu jako aponeurotická – také má obvykle 3 vrstvy kolagenních vláken, které jsou odděleny řídkým vazivem obsahujícím kyselinu hyaluronovou.

Liší se vyšším obsahem elastických vláken, což umožňuje svalu měnit objem. Kolagenní vlákna jsou uspořádána koncentricky, což omezuje nadměrné protažení svalu.

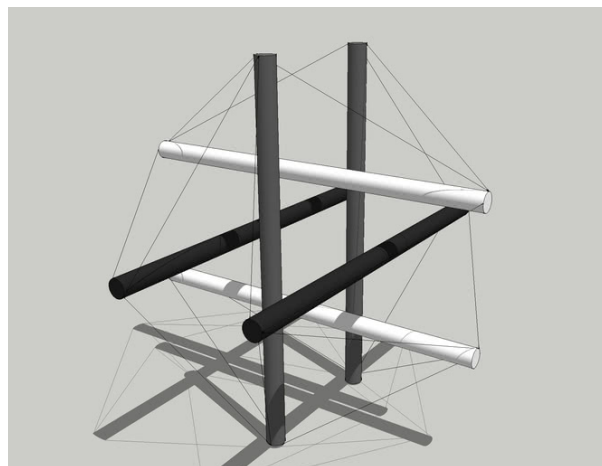
Aktivitu svalu nemůžeme funkčně oddělit od aktivity epimysialní fascie. Bazální napětí svalových vláken udržuje neustálé napětí fascie. Ne všechna svalová vlákna začínají a končí v místě šlachy. Velká část z nich má začátky i konce v rámci svalového břicha. Tato vlákna nemohou přenášet sílu jinak než přes společnou epimysialní fascii (Stecco, 2015). Dle Huijinga (2005) je až 40 % svalem generované síly přeneseno do okolí pomocí pojivové tkáně obklopující sval.

Epimysialní fascie nemají na rozdíl od aponeurotických mechanoreceptory, pouze volná nervová zakončení. Hrají však důležitou roli v propriocepci, protože mají úzký vztah ke svalovým vřetenkům, jejichž obal je tvořen speciálním perimysiem, které navazuje na perimysium svalu. Propojení má velký vliv na koordinaci pohybu. Když se sval kontrahuje, myofasciální spojky natáhnou epimysialní fascii, která přenáší tah na perimysium, a to natáhne také svalové vřetenko, což vyvolá reflexní kontrakci dalších extrafuzálních svalových vláken.

Fyziologická funkce svalu je závislá na hydratované a normálně fungující fascii. Když je epimysium neustále natahováno, mohou svalová vřetenka zůstat v protažení a způsobovat neustálou stimulaci extrafuzálních vláken. Může tak docházet k chronické kontrakci určitých vláken, vzniku svalové dysbalance (tzv. trigger pointu) a následné bolesti. Naopak densifikace epimysialní fascie (např. po imobilizaci) nedovolí přenést tah na svalové vřetenko a část svalu řízena daným vřetenkem je blokována. To opět způsobí dysbalanci a případně bolest (Stecco, 2015).

Tensegrita

V souvislosti s fasciemi se často hovoří o tzv. tensegritě (případně biotensegritě). Buckminster Fuller (autor termínu tensegrita) tvrdí, že celkovou geometrii tělesa určuje rovnováha napínacích prvků, které jsou drženy ve specifických prostorových vztazích pevnými vzpěrami. Model přirovnává ke stanu spíše než k tradiční budově, kde se

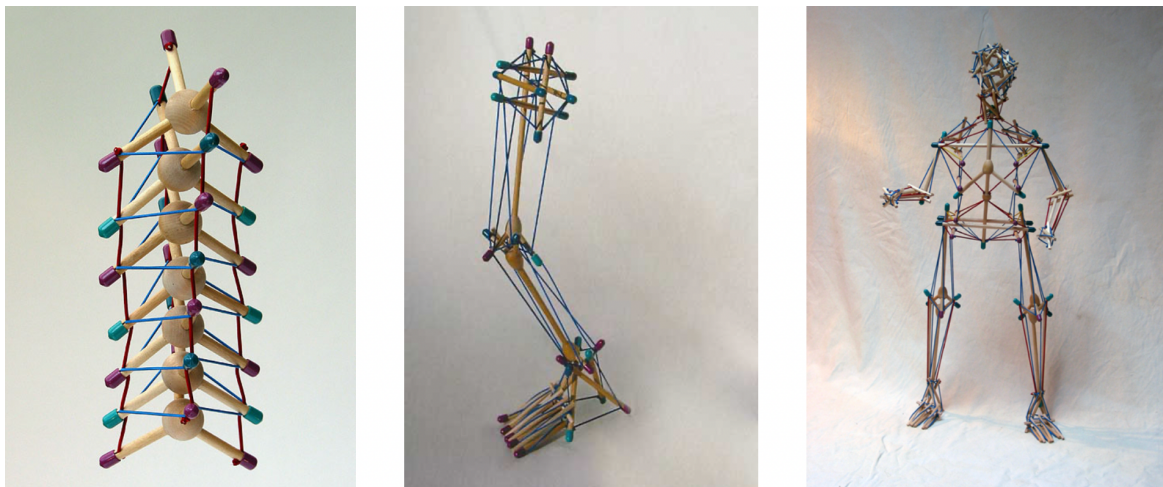


Obrázek 2: Tensegrita – icosahedron (Le Roux, 2021)

skládají kompresní prvky na sebe. V takových strukturách mění místně vyvolaná napětí celkovou geometrii. Model musí být složen z trojúhelníků, protože jsou jako jediné stabilní i s flexibilními klouby. Také nejsou závislé na gravitaci, energetická náročnost pro jejich udržení je minimální. (Jacobson, 2011; Levin, 2012).

Aplikaci modelu tensegrity do biologie se věnoval Stephen Levin, dle něhož svým napětím tvoří jakýsi „rám“ lidského těla právě fascie. Rozporuje tak původní myšlenku, že je rám těla tvořen kostrou a na ní se upínají měkké tkáně. Nejvhodnější strukturou v živých organismech, která je složená z trojúhelníků, je tzv. icosahedron (viz obrázek 2).

Fascie ztělesňuje nelinearitu charakteristickou pro všechny biologické tkáně. V nelineárních tkáních vztah napětí/deformace nikdy nedosáhne nuly. Fascie poskytují „nepřetržité napětí“, základní složku tensegrity, která pomáhá nastavit tonus organismu. Ve fascii jsou aktivní kontraktilní elementy. Fasciální síť je těsně vázána na sval. Sval má také vnitřní „tonus“. Celá fasciální síť je neustále napínána jak vnitřním napětím, tak aktivními kontrakcemi. Síly jsou distribuovány v celém systému globálně. Systém funguje jako jeden celek. To vše přispívá k energetické nenáročnosti (Levin, 2012; Schleip, 2006).



Obrázek 3: Biotensegrita – páteř, dolní končetiny, celé tělo (Trigger Point, 2023)

Myofasciální řetězce

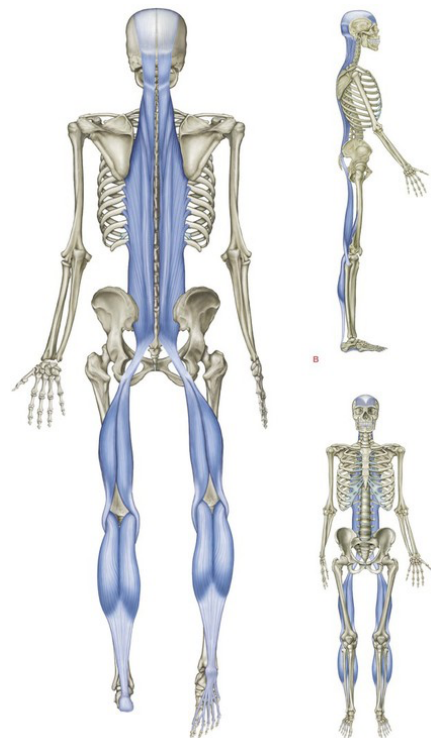
V předchozích kapitolách je popsáno, jak a proč dochází k řetězení jak svalové aktivity, tak k její případné patologii. Každý autor však popisuje jednotlivé řetězce trochu odlišně. Mezi nejznámější se řadí Myers, který se zabývá řetězením ve své knize Anatomy Trains (2014). Tyto linie mají na sebe navazující fasciální vlákna stejného směru (nebo pozvolně se měnícího), jsou ve stejné hloubce (nepřeskakují z povrchu do hloubky), mají přímé (kostěné) nebo

mechanické (fasciální) spojení a nezasahuje do nich žádná fascie v jiném směru. Dle Myerse existuje bilaterálně 7 linií: povrchová zadní, povrchová přední, laterální, spirální, hluboká přední, linie horní končetiny, kterou s tělem propojuje funkční linie.

Například zadní povrchová linie začíná na čelní kosti, jde přes temeno hlavy, occiput, erector spinae, sacrum, ligamentum sacrotuberale, tuberositas ischii, hamstringy, kondyly femuru, musculus gastrocnemius, Achillovu šlachu, calcaneus, plantární fascii a krátké flexory prstů plantárně k phalangům. Posturální funkcí tohoto řetězce je držení těla ve vertikální pozici. Svaly jsou proto převážně z červených vláken. Co se pohybu týče, jde o extenzory (kromě svalů od kolenního kloubu směrem dolů) (Myers, 2014).

Systematická review z roku 2016 potvrzuje existenci 3 linií – povrchové zadní linie, zadní a přední funkční linie. Střední až silné důkazy potvrzují také existenci spirální a laterální linie. Neexistuje studie, která by prokazovala existenci přední povrchové linie, protože nebylo objeveno propojení mezi musculus rectus abdominis a musculus rectus femoris. Tato review se nevěnovala liniím horních končetin, které Myers ve své knize také popisuje (Wilke, 2016).

Řetězení se také věnoval Kurt Tittel, který dával důraz na funkci v pohybu. Ve své knize *Muscle Slings in Sport*, jejíž první vydání bylo publikováno před více než 60 lety, dělí řetězce podle typu pohybu, na kterém se podílí, na flekční, extenční, lateroflekční, rotační a ty, které participují ve statických pozicích. O řetězení hovoří také Véle ve své publikaci *Kineziologie* (2007), kde popisuje jednotlivé svalové smyčky spojující se v celé řetězce. Často zmiňované jsou například zkřížené dlouhé řetězce trupu (přední a zadní) nebo řetězec paže-hrudník. Dále se přenosu sil v liniích věnovala také Godelieve Denys-Struyf, která popisuje 6 linií podle směru, kterým jdou, Serge Paoletti dělící řetězce na vnější, vnitřní a meningeální nebo Joseph Schwartz (Schleip, 2021).



Obrázek 4: Povrchová zadní linie (Myers, 2014)

Evidence vlivu foam rollingu na mechanické vlastnosti svalů a fascií

Mezi laickou veřejností se předpokládá, že foam rollingem dochází k protažení fascie, „uvolnění“ myofasciálních adhezí či odstranění trigger pointů, čímž spadá do kategorie tzv. self-myofascial release nástrojů. Odborníci by s tímto zařazením pravděpodobně nesouhlasili. Ačkoli existuje pár studií, které naznačují, že po aplikaci FR dochází k mírnému ovlivnění tuhosti měkkých tkání, nestačí to zatím jako jednoznačný důkaz. Tyto účinky navíc nastávají až s odstupem po intervenci, ne okamžitě (Wilke, 2019; Heiss, 2019). To by ukazovalo spíše na centrální ovlivnění než lokální.

Naopak studií, které vyvracejí efekt FR na mechanické vlastnosti svalů a fascií existuje více. Dle Schleipa (2003a, 2003b) je k ovlivnění myofasciálních adhezí potřebná daleko větší síla, než jakou je jedinec schopen vyvinout tlakem na roller. Tento fakt podporuje i Chaudryho studie (2008), která dokládá, že fascie jsou příliš pevné na to, aby se daly mechanicky změnit protažením a došlo k tzv. release. Zároveň by pro rozbití adhezí bylo potřeba skluzného pohybu jednotlivých vrstev tkání po sobě (čímž by se aktivovaly fasciocyty). K tomu ale během klasického rolování nedochází.

Většina dalších studií vyvrací přímý účinek na rolovanou tkáň a kloní se spíše k celkovému ovlivnění vnímané bolesti a svalového tonu, a to převážně díky ovlivnění vzdálených tkání, nejen těch přímo rolovaných (viz. kapitola Globální účinky).

2.1.5.1.2 Zvýšení prokrvení tkání

Zvýšení prokrvení tkání je jedním z nejčastěji uváděných předpokládaných účinků foam rollingu. Vlivem lepšího prokrvení tkání by tak mělo docházet i k dalším účinkům, mezi něž patří např. zvýšení ROM, snížení svalového tonu, zlepšení sportovního výkonu i regenerace po něm.

Foam rolling by mohl vyvolávat zvýšenou produkci vazoaktivních látek (např. oxidu dusnatého) buňkami endotelu. Tyto látky hrají významnou roli v procesu vazodilatace, ovládají totiž hladkou svalovinu v cévních stěnách. Je prokázáno, že právě mechanický stres, který je při foam rollingu na tkáň vyvíjen, způsobuje zvýšené vyplavování vazoaktivních látek. Také dochází ke snížení sympatovagální rovnováhy, což má hypotenzivní účinek (Buchwalow, 2002; Hotfiel, 2017; Lastova, 2018).

Evidence vlivu foam rollingu na zvýšení prokrvení tkání

Neexistuje velké množství studií, které by potvrzovaly nebo vyvracely efekt FR na prokrvení tkání. V jedné ze studií byl zkoumán efekt FR na prokrvení laterální strany stehna. Prokázalo se, že po FR dochází k výraznému zvýšení arteriálního toku krve, a to více než o 50 % u většiny měřených ukazatelů ihned po intervenci. Zvýšené prokrvení přetrvalo i po 30 minutách od FR, ve srovnání s měřením ihned po intervenci došlo průměrně k poklesu prokrvení o 17 % (Hotfiel, 2017).

Okamoto et al. (2014) pozorovali koncentrace oxidu dusnatého (NO) v krevní plazmě po SMR a došli k závěru, že FR snižuje arteriální tuhost a zlepšuje funkci cévního endotelu. Dalo by se polemizovat, že komprese krevních cév vyvolaná válčováním by mohla narušit cévní endotel a tím právě spustit uvolňování NO.

Obě tyto studie nebyly tkáňově specifické, a tím pádem nelze říct, zda došlo ke zvýšení prokrvení pouze ve svalu či také v pojivové tkáni (především fascii svalu, která je bohatě vaskularizována).

2.1.5.1.3 Zvýšení rozsahu pohybu

Rozsah pohybu v kloubu dělíme na aktivní (prováděn svalovým aparátem) a pasivní (prováděn zevní silou, terapeutem). Je ovlivněn především anatomickými poměry konkrétního jedince (např. poměr hlavice-jamka, kostní výběžky), ale také napětím měkkých tkání v okolí kloubu, vřkem, pohlavím apod (Kolář, 2009).

Zvýšení rozsahu pohybu díky foam rollingu by mohlo být způsobeno právě ovlivněním napětí měkkých tkání v okolí kloubu. Teorie je taková, že by mělo docházet ke zvýšení teploty a prokrvení svalů díky tření válce, dále k ovlivnění viskoelastických a tixotropních („gelových“) vlastností fascií nebo změně délky intrafusálních vláken svalového vřeténka a tím ovlivnění celého svalu (Cheatham, 2015).

Evidence vlivu foam rollingu na zvýšení rozsahu pohybu

Téma rozsahu pohybu je oblastí, kterou se ve vztahu k foam rollingu zabývalo nejvíce výzkumů. Studie z posledních let shrnuté v systematické review z roku 2020 ukazují, že má využití pěnového válce pozitivní vliv na krátkodobé zvýšení rozsahu pohybu v kloubech bez negativního ovlivnění svalového výkonu. To je hlavním rozdílem oproti statickému strečinku, který negativně ovlivňuje svalovou sílu. Nižší účinek byl pozorován u mužské populace ve

srovnání s ženami či smíšenými vzorky probandů. Vyšší efekt by mohlo mít využití vibračního válce (Wilke, 2020).

Vzhledem k tomu, že je účinek na ROM pouze krátkodobý, mělo by být nejpřínosnější se věnovat foam rollingu před tréninkovou jednotkou. Konkrétní způsob, délku trvání a ostatní parametry intervence pro její největší efektivitu nelze z dostupných dat zatím určit (Cheatham, 2015; Kalichman, 2017).

Předmětem studií je v současné době tzv. zkřížený efekt foam rollingu, tzn. jestli dochází také k ovlivnění kontralaterální strany. Kelly a Beardsley (2016) zkoumali vliv FR na plantární flexory dolní končetiny (lýtkové svaly). Po dvouminutové intervenci došlo k významnému zvýšení ROM do dorzální flexe hlezenního kloubu, a to jak na straně ipsilaterální (až na 20 minut), tak na straně kontralaterální (až na 10 minut).

Zatímco zlepšení ipsilaterální strany může být přičítáno uvolnění měkkých tkání (např. snížením aktivity sympatiku a tím zapříčiněné svalové relaxaci), účinek na kontralaterální stranu naznačuje, že v účinku hrají roli i další, centrální mechanismy.

2.1.5.1.4 Propriocepce

„Propriocepce je schopnost nervového systému zaznamenat změny vznikající ve svalech a uvnitř těla pohybem a svalovou činností (polohocit). Je nezbytná pro správnou koordinaci pohybu, svalový tonus, průběh některých reflexů, registraci změny polohy těla atd. Z proprioceptorů jsou podněty vedeny a přepojovány v míše, dále vedou zadními provazci. Projekce je do mozečku, thalamu, subkortikálních oblastí (Vokurka, 2015).“

Je dokázáno, že manuální terapeutické zásahy (např. masáž) zlepšují propriocepci. Mohlo by k tomu docházet i díky foam rollingu, který funguje na podobném principu (Shin, 2015; Henriksen, 2002).

Zlepšení propriocepce by mohlo vysvětlovat propojení mechanoreceptorů (v kůži, svalech, fasciích) s gama-motoneurony v předních rozích míšních. Přes gama-motoneurony dochází k regulaci napětí intrafuzálních vláken svalového vřetenka a tím přes gama-kličku k ovlivnění extrafuzálních vláken. Změnou prahu senzitivity gama-motoneuronu by tak mohlo dojít k ovlivnění dráždivosti celé motorické jednotky. Dále by ke zlepšení mohla přispívat vědomá pozornost k proprioceptivním vstupům během motorického učení, která má prokazatelně vliv na následující výkon, který už je autonomní (Henriksen, 2002).

Evidence vlivu foam rollingu na propriocepci

Jednorázový foam rolling hamstringů (dvakrát minutová intervence s 30 s pauzou) zlepšil polohocit kolenního kloubu, ale nezměnil vnímání síly a polohocit kyčelního kloubu. Efekt trval minimálně 20 minut po válcování. Foam rolling m. quadriceps femoris také zlepšil polohocit kolenního kloubu a neuromuskulární efektivitu (měřenou EMG) při provádění výpadu. Čím delší byla intervence FR (porovnání 5x20s a 5x60s), tím lepší byly výsledky (Bradbury-Squires, 2015; David, 2019).

Dlouhodobějším efektem FR na propriocepci se zabývaly dvě studie. Týdenní provádění foam rollingu hamstringů zlepšilo polohocit kyčelního kloubu. Čtyřtýdenní rolování m. biceps brachii (každý den 2x minuta) zlepšilo polohocit loketního kloubu, ale pouze v menších úhlech flexe (45°). Efekt přetrvával po dobu 4 týdnů od ukončení každodenního FR. Ve vyšších úhlech flexe nemělo žádný efekt (Cho, 2016; Ozden, 2021).

Zároveň je dokázáno, že je foam rolling jako regenerační nástroj schopen zmírnit zhoršení propriocepce 24 a 48 hodin po výkonu. Toto zhoršení se objevuje po cvičení, které vyvolá poškození svalové tkáně (Naderi, 2020).

Pouze jediná studie ukazuje na statisticky významně zhoršený polohocit po foam rollingu pomocí nevibračního válce, naopak využití vibračního válce propriocepci nijak významně neovlivnilo (Lee, 2018).

Tyto výsledky, ač nejednotné, naznačují, že foam rolling v rámci warm-upu pravděpodobně nezpůsobuje výrazné snížení propriocepce, a tím pádem nezvyšuje riziko zranění. Také v regeneraci po tréninku by mohl najít využití pro zmírnění zhoršení propriocepce po výkonu.

2.1.5.2 Globální účinky

Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, v současné době je předmětem studií vliv foam rollingu na celý organismus, a ne pouze konkrétní části těla, které jsou válcovány. V následujících podkapitolách jsou uvedeny možné způsoby centrálního ovlivnění a důkazy potvrzující či vyvracející tyto teorie.

2.1.5.2.1 Svalová relaxace

Ovlivněním mechanoreceptorů (konkrétně Ruffiniho a Pacciniho tělísek) dochází ke snížení aktivity sympatiku, čímž se vyvolá svalová relaxace. Foam rolling vytváří v tkáních tečné síly a laterální protažení, na která více reagují pomalu se adaptující Ruffiniho tělíška. Naopak rychle se adaptující Pacciniho tělíška by spíše reagovala na vibrační roller (Behm, 2019).

Také dochází k aktivaci multimodálních receptorů, které reagují na tlak a tah. Tyto receptory mohou ovlivňovat sympatickou i parasympatickou aktivitu. Mohou pomáhat se snížením tepové frekvence, krevního tlaku, ventilace a k vazodilataci, což může mít za následek svalovou relaxaci. Ta dále může způsobit např. zvýšení ROM či snížení vnímání bolesti (Weerapong, 2005; Behm, 2019).

Evidence vlivu foam rollingu na svalovou relaxaci

Snížení aktivity sympatiku po 15minutové intervenci FR dokazuje studie z roku 2018. V tomto výzkumu se ukázalo, že po aplikaci FR na dolní končetiny došlo ke snížení hladiny markerů sympatické aktivity (Lastova, 2018).

Vyšší účinnost vibračního válce (pravděpodobně díky ovlivnění více druhů mechanoreceptorů) na ROM a zvýšení prahu bolesti dokazuje studie od Cheathama z roku 2018. Oba tyto parametry by mohly být ovlivněny právě globální svalovou relaxací díky snížení sympatické aktivity.

2.1.5.2.2 Zvýšení prahu bolesti

Bolest vyvolává podráždění periferních nervových vláken, která obsahují nociceptory, což jsou volná nervová zakončení na aferentních nervových vláknech. Nacházejí se v kůži, svalech, srdci a cévách, kloubních pouzdrech a stěně trávicí trubice. Nenajdeme je naopak v centrální nervové soustavě, některých částech oka či kostní tkáni.

Předpokládá se existence tří typů nociceptorů, které se odlišují svým prahem citlivosti. Jsou to následující:

- a) Vysokoprahové mechanoreceptory, které za normálních okolností registrují tlak, vibrace, hmat a tah. Patří sem Vater-Paciniho tělíška nebo Merkelovy disky. Pokud však podnět zesílí, začnou vnímat bolest.

- b) Polymodální nociceptory, které vnímají bolest, která vznikla na podkladě chladu nebo tepla. Řadíme sem Ruffiniho a Krauseho tělíska.
- c) Tzv. „vlastní“ nociceptory (volná nervová zakončení), které vedou informaci do míchy pouze tehdy, pokud je podnět natolik silný, že je podráždí.

Vedení bolesti zprostředkovává tříneuronová dráha. Nociceptivní vjem je z receptorů veden aferentními nervovými vlákny do zadních rohů míšních. Ostrá ohraničená bolest je rychle vedena slabě myelinizovanými vlákny A delta, zatímco hluboká difúzní bolest je pomalu vedena nemyelinizovanými vlákny C. Z míchy je „rychlá“ bolest vedena ascendentní drahou do thalamu a „pomalá“ bolest do retikulární formace. Dále jdou z míchy spojky do hypothalamu a amygdaly. Z thalamu proudí informace dále do limbického systému, somatosenzorické mozkové kůry a asociačních oblastí.

Snížení vnímání nocicepce vlivem foam rollingu by mohlo fungovat na principu vrátkové teorie bolesti. Ta praví, že se v míše nachází transmisní buňka, která vytváří jakási „vrátka“. Tato buňka normálně registruje taktilní podněty. Při bolestivé stimulaci se „přepne“ do módu bolesti. Silnou stimulací dotykových receptorů se ale může přepnout zpátky, záleží na převaze aferentních stimulů. Aktivita A delta vláken vrátka „otevřívá“ a umocňuje bolest, zatímco aktivita A beta vláken vrátka „zavírá“ a bolestivé stimuly tlumí (Poděbradský, 1998; Rokyta, 2015).

Druhou variantou, na jejímž principu by mohl foam rolling snižovat bolestivost je tzv. DNIC (diffuse noxious inhibitory system). Tento princip by se dal vysvětlit větou „bolest tlumí bolest“. Pokud na jednom vzdáleném místě těla vytvoříme silnější bolestivý podnět, než je vnímán na druhé části těla, dojde k inhibici motoneuronů v zadních rozích míšních odpovídajícím druhému místu (Le Bars, 1979).

Klasická masáž stimuluje aktivaci parasympatiku pomocí změn hladiny serotoninu, kortizolu, endorfinu a oxytocinu, což přispívá ke sníženému vnímání bolesti (Weerapong, 2005). Kromě vrátkové teorie by tak mohlo docházet i k využití tzv. endorfinové teorie bolesti.

Dále se zdá, že masírování způsobuje akutní ischemickou kompresi, která prokazatelně snižuje vnímanou bolest (Kostopoulos, 2009).

Evidence vlivu foam rollingu na zvýšení prahu bolesti

Aboodarda a kol. (2015) zjistili, že se práh tlakové bolesti (pain-pressure treshold, PPT) tender pointu v m. triceps surae po FR nezvýšil (tolerance tlaku byla vyšší) pouze na ipsilaterální straně, nýbrž i na kontralaterálním lýtku.

Další ze studií se zabývala vlivem foam rollingu na PPT ipsilaterálních hamstringů a kontralaterálního kvadricepsu femoris po foam rollingu přední strany stehna. Výsledky ukázaly, že v obou případech došlo ke zvýšení PPT. Mezi ženami a muži nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl ve změně PPT. Tvrdost rolleru také nehraje žádnou roli (Cheatham, 2017, 2018a, 2018b).

Po tříminutovém foam rollingu iliotibiálního traktu také ihned došlo ke zvýšení PPT ve všech sledovaných místech laterální plochy stehna. Po 5 minutách od intervence se však PPT opět vrací směrem k původním hodnotám (Vaughan, 2014).

Naopak bolestivost latentního trigger pointu v m. gastrocnemius se dynamickou aplikací FR nezměnila. Ke zlepšení došlo pouze při statickém tlaku na TrP pomocí rolleru (Wilke, 2018).

Tato data ukazují, že má FR pozitivní vliv na zvýšení prahu tlakové bolesti. Díky ovlivnění kontralaterální strany naznačují, že má foam rolling vliv spíše centrálně, ne pouze lokálně.

2.1.5.3 Vliv FR v rámci sportovní aktivity

Všechna témata z předchozích kapitol dávají dílčí informace k účinkům foam rollingu. Vzhledem k častému využití FR v rámci warm-upu před tréninkem a cool-downu po tréninku je však otázkou, zda tyto účinky celkově ovlivní sportovní výkon.

2.1.5.3.1 Sportovní výkon

Z předchozích kapitol víme, že foam rolling pozitivně ovlivňuje rozsah pohybu bez ovlivnění svalové síly, zlepšuje prokrvení či zvyšuje práh bolesti. Tyto faktory by teoreticky mohly přispívat ke zlepšení sportovního výkonu. Zároveň jsou pozice při foam rollingu poměrně stabilizačně i fyzicky náročné, což by mohlo působit jako aktivace stabilizačních svalů (např. hluboký stabilizační systém, rotátorová manžeta).

Evidence vlivu foam rollingu na sportovní výkon

Metaanalýza z roku 2019 celkově neukazuje na významný efekt FR před ani po výkonu. Pozoruje pouze mírný efekt FR před výkonem, konkrétně na výkonnost ve sprintu a flexibilitu. Naopak nemá významný vliv na výšku výskoku a svalovou sílu. Po výkonu mírně zlepšuje následné zhoršení ve sprintu a svalové síle. Má také vliv na subjektivní vnímání bolesti a únavy, což může umožnit zvýšení objemu a času tréninku, a tím pádem dlouhodobě zvýšit výkonnost. Okamžitý vliv však nemá. (Wiewelhove, 2019; Healey, 2014).

Porovnání různých forem strečinku s FR se věnuje metaanalýza z roku 2021. Výsledky neukazují statisticky významný rozdíl ve výkonnostních parametrech (maximální volní kontrakce, výskok, sprint) mezi oběma skupinami. Dílčí výsledky jsou ale zajímavé. Například bylo dokázáno, že FR má lepší efekt na výkonnost než statický strečink. Dynamický strečink je svým účinkem srovnatelný s FR. Vibrační válec má pak větší efekt než strečink a válec nevibrační. Delší aplikace FR (nad 60 s) má větší efekt než strečink celkově. Dále také, že FR m. quadriceps femoris nebo lýtka má větší efekt než strečink (Konrad, 2021).

Co se týká aktivace stabilizačních svalů středu těla, je dokázáno, že foam rolling m. quadriceps femoris má větší efekt než provádění cviku „plank“, při němž dochází k vysoké míře zapojení svalů zad (především vzpřimovačů bederní a hrudní páteře) (Zahiri, 2022).

Celkově tedy FR pravděpodobně neovlivní sportovní výkon (nebo bude mít mírné pozitivní účinky, především kvůli subjektivnímu vnímání únavy a bolesti), takže ho lze zařadit např. před závod či utkání. Dále může sloužit jako aktivace trupových svalů. Pro zaujetí jasného postoje k této otázce jsou však zapotřebí další studie.

2.1.5.3.2 Regenerace

V souvislosti s vlivem foam rollingu na proces regenerace se nejvíce mluví o zmírnění tzv. DOMS (delayed onset of muscle soreness), se kterým se během života potká téměř každý člověk. Jedná se o jedno z nejmírnějších druhů svalového poranění. I přesto je velmi často důvodem zhoršeného sportovního výkonu. Obvykle je DOMS způsoben opakovanými ekcentrickými kontrakcemi či takovým druhem pohybu, na který tělo není zvyklé.

Patofyziologie vzniku DOMS zůstává neobjasněna. Není však způsoben nahromaděním laktátu ve svalech, jak se často obecná populace domnívá. Pravděpodobně má na vznik DOMS vliv mikrotraumatizace svalových vláken, což vede k degradaci proteinů, apoptóze a vzniku lokálního zánětu. Hlavními symptomy jsou: snížená svalová síla, bolest, omezení rozsahu

pohybu, svalová ztuhlost, otoky a dysfunkce přilehlých kloubů. Tyto symptomy jsou nejvýraznější 48 až 72 hodin po výkonu (Hotfield, 2018).

Vzhledem k popisovaným symptomům DOMS a účinkům FR popsaným v předchozích kapitolách, především zvýšení prahu bolesti a zlepšení prokrvení, by mohla tato intervence po výkonu i v průběhu DOMS příznaky zlepšovat.

Laktát, ač nezpůsobuje opožděnou svalovou bolest, je důležitým metabolitem a zároveň palivem pro další anaerobní aktivitu. Čím trénovanější jedinec, tím efektivněji dokáže využít laktát jako zdroj energie, a tak oddálit únavu. Nahromadění laktátu způsobuje akutní svalovou únavu až pocit „pálení“ ve svalech při výkonu. Po obnovení přísunu kyslíku do svalu je odbourán (Rizzo, 2021). FR by díky vlivu na zlepšení prokrvení mohl urychlit odbourání laktátu díky zvýšenému přísunu kyslíku do svalu.

Evidence vlivu foam rollingu na regeneraci

Co se odbourání laktátu po výkonu týká, studie z roku 2017 ukazuje, že je výrazně efektivnější využití aktivní regeneraci před pasivní. Nebyl však zjištěn statisticky významný rozdíl mezi lehkým během a foam rollingem u plavčků po „záchrane tonoucího“. Oba regenerační protokoly byly prováděny po dobu 25 minut, skupina s pasivní regenerací 25 minut seděla. Typ rolleru (s vroubky, hladký) nemá vliv na rychlost odbourání laktátu. Oba typy mají pozitivní efekt oproti pasivní regeneraci (Adamczyk, 2020; Kalén, 2017).

Lepších výsledků v porovnání s pasivní regenerací měla také skupina fotbalistů, která prováděla FR svalů dolních končetin (m. quadriceps femoris, ischiokrurální svaly, adduktory, gluteální svaly, m. gastrocnemius) po dobu 20 minut. Po 24 hodinách měla skupina s aktivní regenerací pomocí rolleru výrazně lepší výsledky v T-Testu (agilita) a Total Quality Recovery (subjektivní vnímání regenerace) (Rey, 2019).

Je dokázáno, že FR po silovém výkonu (konkrétně 10 sérií dřepu po 10 opakování) má pozitivní vliv na DOMS. Dvacet minut válcování svalů stehna a hýždí ihned, po 24 a 48 hodinách po výkonu v porovnání s kontrolní skupinou (neprovádějící žádnou intervenci) významně zlepšilo subjektivní citlivost kvadricepsu (PPT). Dále mělo pozitivní vliv na rychlost sprintu, skok z místa a dynamickou svalovou vytrvalost měřenou maximálním počtem opakování dřepu s 60 % maxima (Sadeeq, 2021).

Studie z roku 2017 se zabývala vlivem FR na DOMS po 100 opakování cviku „drop-jump“ v porovnání s neurodynamickou mobilizací. Po 48 hodinách od výkonu byly provedeny

obě intervence a ihned porovnán výsledek. Obě skupiny měly po intervenci srovnatelné zlepšení v subjektivním vnímání bolestivosti kvadricepsu. Skupina s FR se však navíc zlepšila i v maximální volní kontrakci m. rectus femoris (Romero-Moraleda, 2017).

Všechny tyto studie ukazují na pozitivní efekt FR na regeneraci. Shodují se na lepších výsledcích u aktivní regenerace než pasivní. Bylo by ale zapotřebí více vědeckých poznatků v rámci porovnání různých druhů aktivní regenerace, aby se dalo jasně vyvodit, že je foam rolling dostatečně účinný.

2.2 Posturální stabilita

Jelikož toho bylo k posturální stabilitě napsáno již mnoho, je tato kapitola pouze stručným shrnutím nejpodstatnějších informací a vymezením základních pojmů v rámci tématu této diplomové práce.

2.2.1 Vymezení základních pojmů

2.2.1.1 Postura

Véle (2007) definuje posturu jako vzájemné uspořádání pohyblivých segmentů těla v klidovém stavu. Dle Koláře (2009) jde o aktivní držení jednotlivých částí těla proti působení zevních sil. Toto nastavení je součástí jakékoli polohy těla během každého pohybu a je tak základním předpokladem pro pohyb. Tuto myšlenku vystihl už R. Magnus ve 20. letech 20. století svým vyjádřením, že „*každý pohyb začíná a končí posturou, postura doprovází pohyb jako stín*“ (Kolář, 2009).

2.2.1.2 Posturální stabilita

Posturální stabilita je schopnost člověka udržovat vzpřímené držení těla a reagovat na působení sil (zevních i vnitřních) s cílem zabránit pádu. Jedná se tedy o děj dynamický, kdy dochází k neustálému vyvažování a přizpůsobování se zevním i vnitřním podmínkám. Efektivita a úroveň udržování posturální stability je závislá na dostupnosti a kvalitě informací z vestibulárního aparátu, proprioceptorů a vizuálních vjemů, které jsou vyhodnocovány v CNS (Carini, 2017; Kolář, 2009; Vařeka, 2002a).

Posturální stabilitu můžeme rozdělit na statickou a dynamickou. Statickou stabilitou rozumíme udržování jednotlivých segmentů těla tak, aby bylo těžiště nad opornou bází v klidovém stavu. Dynamická udržuje těžiště nad opornou bází při pohybu. Statická stabilita je častěji testována v klinickém prostředí (např. Rhombergův stoj, Véle test, stoj na jedné dolní končetině). Obvykle stačí pro odhalení hrubých nedostatků např. po zranění. Výhodnější je testovat i dynamickou stabilitu, která klade vyšší nároky na posturální systém a v běžných činnostech se uplatňuje více (Abutaleb, 2016; Kolář, 2009; Talarico, 2016.).

2.2.1.3 Area od support (AS) a base of support (BS)

Opěrná plocha (area of support) je část podložky, která je v přímém kontaktu s tělem (při bipedálním stoji tedy v místě kontaktu chodidel s podložkou), zatímco opěrná báze (base of support) je oblast, která vznikne propojením zevních hran opěrné plochy (tzn. při stoji jde i o oblast mezi chodidly) (Bizovská, 2017).

2.2.1.4 Center of mass (COM) a center of gravity (COG)

Anglický výraz „center of mass“ (COM) můžeme přeložit do češtiny jako „těžiště“. Jedná se o hypotetický bod lidského těla, ve kterém je výsledný moment tíhových sil působících na jednotlivé tělesné segmenty roven nule. Vertikální průměr těžiště do opěrné báze nazýváme „center of gravity“ (COG). Při stoji musí být COG udržováno v rámci tzv. limitů stability, které se vztahují k opěrné bázi. Jedná se o maximální vzdálenosti v různých směrech, do kterých se jedinec může uklánět bez ztráty stability. Tyto titubace tvoří plášť kužele a jsou přirovnávány k modelu „převráceného kyvadla“. Při dynamické aktivitě (např. lokomoci) může být pravidlo udržení COG v rámci limitů stability porušeno bez následného pádu (Bizovská, 2017; Vařeka, 2002a).



Obrázek 5: Znárodnění opěrné plochy, opěrné báze a COG (Bizovská, 2017)

2.2.1.5 Center of pressure (COP)

Center of pressure je bod působení výsledného vektoru reakční síly od podložky. Jde o vážený průměr všech tlakových sil působících na podložku. Pokud bychom měřili COP při klidném bipedálním stoji pomocí jedné tlakové plošiny, nacházelo by se někde mezi chodidly (v závislosti na rozložení váhy). Pokud bychom ale měli k dispozici plošiny dvě, mohli bychom měřit COP každého chodidla zvlášť. V případě dokonale tuhých těles by se COG rovnalo COP. V případě lidského těla jde však o různé parametry, které spolu ale do jisté míry souvisí (Bizovská, 2017; Vařeka, 2002a; Winter, 1995).

2.2.2 Faktory ovlivňující posturální stabilitu

Faktorů ovlivňujících posturální stabilitu najdeme mnoho. Daly by se rozdělit do 2 kategorií: biomechanické a neurofyziologické (Kolář, 2009).

Mezi biomechanické patří především výška těžiště nad opěrnou bází, hmotnost těla a velikost opěrné báze. Čím níže bude těžiště, čím vyšší hmotnost a větší opěrná báze, tím lepší by měla být i stabilita. Dále je ovlivněna přilnavostí povrchu či vzdáleností průmětu těžiště od hranice opěrné báze (Bizovská, 2017).

Tato pravidla však absolutně platí pouze u tuhých těles, ke kterým má lidské tělo velmi daleko. Proto například vyšší tělesná hmotnost při obezitě může negativně korelovat s posturální stabilitou, a to hlavně u jedinců s výrazným ukládáním tuku v oblasti břicha. Při anteriorních oscilacích je u nich zapotřebí daleko větší síla a rychlejší vytvoření stabilizačního momentu síly hlezenních kloubů, a to díky relativní poloze COM vzhledem k hleznům (Bizovská, 2017; Goulding, 2003; Olivier, 2007). To prokazuje i studie Pettiho (1997), kde byla zjištěna statisticky významná korelace mezi obezitou a častějšími pády s úrazy předních zubů u dětí.

Neurofyziologické faktory ovlivňující stabilitu jsou především senzorké vstupy (viz kapitola 1.1.3), věk, procesy nastavující excitabilitu nervového systému spolu se zpětnovazebnými procesy a v neposlední řadě také psychiku a vnitřní faktory (Vařeka, 2002b; Véle, 1995).

Dle Vařeky (2002b) je například nadměrná psychická tenze jedním z vlivů, které stabilitu ovlivňují negativně. Studie z roku 2015 ukazuje, že zaměření se na kognitivní úkol (a tím odvedení pozornosti od měření) zlepšuje stabilitu, pravděpodobně z důvodu většího zapojení automatických procesů. Do vnitřních procesů lze mimo jiné zařadit i fázi menstruačního cyklu u žen. Při ovulaci dochází ke statisticky významnému zlepšení stability oproti menstruaci a luteální fázi. Dále je dokázáno že větší fyzická vytrvalost a síla zádoových svalů pozitivně koreluje s lepší stabilitou (Ángyán, 2007; Polskaia, 2015; Sung, 2018).

2.2.3 Řízení posturální stability

Na mechanismu udržování posturální stability se podílejí 3 hlavní systémy – řídicí, senzorký a výkonný. Řídicí složkou rozumíme CNS, který přes periferní nervy ovládá kosterní svalstvo. Pro udržení vzpřímeného stoje jsou nezbytné tzv. posturální reflexy (spinální řízení), které udržují adekvátní tonus svalů a zajišťují přizpůsobování se zevním i vnitřním

podmínkám. Výkonným orgánem je muskuloskeletální systém se svou pasivní (kosti, vazy) a aktivní (kosterní svaly) složkou (Bizovská, 2007; Véle 2007).

Klíčovou roli v udržování stability hrají informace senzorickeho rázu, a to především propioceptivního, vestibulárního a vizuálního (Véle, 1995). Dle Vařky (2002b) by se neměly opomíjet ani informace z exteroceptorů (Meissnerových a Ruffiniho tělísek), které mohou informovat o poloze COP a míře přilnavosti povrchu.

Největší roli v řízení posturální stability hrají informace z proprioceptorů – dle Peterky (2004) je to při statickém stoji na pevné podložce za dobrých světelných podmínek u zdravého jedince až 70 %. Nalezneme je ve svalech, šlachách či kloubních pouzdrech. Podávají nám informace o vzájemné poloze segmentů těla i celého těla vůči okolí, pohybu v kloubech či napětí svalu (Proske, 2012; Véle, 2007). Mezi 3 hlavní úkoly proprioceptorů patří dle Latashe (2007) podávání informací o předmětech, se kterými člověk manipuluje (např. poloha, hmotnost), o vnímání vnitřního tělesného obrazu (somatognozie) a nastavení dráždivosti kosterních svalů přes svalová vřetenka.

Vestibulární systém je dle Peterky (2004) zodpovědný za řízení posturální stability až z 20 %. Je tvořen statickým a kinetickým čidlem. První jmenované má za úkol snímat polohu hlavy v prostoru, vůči gravitaci a lineární zrychlení hlavy. Kinetické čidlo registruje úhlové zrychlení hlavy. Tyto informace umožňují udržování hlavy a trupu ve vzpřímené poloze, pomocí vestibulookulomotorického reflexu zajišťují fixaci předmětu očima. Dále také stabilizaci obrazu v zorném poli (Bizovská, 2007, Rokyta 2016).

Vizuální podněty napomáhají řízení posturální stability jen z 10 % (Peterka, 2004), avšak při nedostatečnosti vestibulárního nebo propioceptivního systému zvládne ten vizuální jejich úlohy částečně nahradit (Bizovská, 2007). Na posturální stabilitě se ve větší míře podílí periferní vidění. Má zásadní úlohu při orientaci v prostoru, a to hlavně u předvídání změn působení zevních sil (Vařka, 2002b).

2.2.4 Měření posturální stability

Posturální stabilita se dá měřit pomocí funkčních testů nebo komplexních škál a testových baterií či přístrojově. Nejčastěji jsou využívány funkční testy, které mají výhodu především v tom, že je jejich provedení časově nenáročné a nevyžaduje speciální vybavení. Řadíme mezi ně např. stoj na jedné dolní končetině, Functional Reach Test (testování limitů stability), Five Times Sit To Stand Test (rovnováha a svalová síla dolních končetin) či Timed

Up And Go. Škály a testové baterie zaberou v klinickém prostředí více času a je třeba instruktáž personálu. Nejznámější z nich je pravděpodobně Bergova škála (Berg Balance Scale) (Bizovská, 2017; Kolář, 2009).

2.2.4.1 Přístrojové měření

Počítačová posturografie měří posturální stabilitu pomocí speciálních přístrojů. V minulosti byly tyto přístroje dostupné hlavně v laboratořích biomechaniky. V současnosti k nim (či alespoň k výsledkům z vyšetření) má přístup více klinických pracovníků. Nesporným benefitem počítačových metod je odlišení senzorkého systému, který je postižen (proprioceptivní, vestibulární, vizuální). Jsou také daleko objektivnější než klinické testy. I přesto by neměly sloužit jako jejich náhrada, ale spíše jako doplněk, a to hlavně kvůli finanční náročnosti a nemožnosti přesunu přístroje (Vanicek, 2013).

Mezi nejčastěji využívané přístroje patří silové plošiny, které lze využít jen při klidném stoji na nepohybující nebo pohybující se plošině, nebo Balance Master, který se skládá ze silové plošiny, nepohyblivé kabiny a závěsného systému pro prevenci pádu. Tyto přístroje snímají „ground reaction forces“ (síly působící od podložky) v anteroposteriorním, mediolaterálním a vertikálním směru a COP. Klíčovým přístrojem k počítačovému měření dynamické posturální stability je aktuálně SMART EquiTest System (SMEQ, viz obrázek 6). K silovým plošinám se ale dá zařadit i komerčně dostupný doplněk (tzv. Balance Board) k herní konzoli Wii (Bizovská, 2017; Chaudry, 2011).



Obrázek 6: SMART EquiTest Systém (Neurocom International, 2008)

Testování posturální stability můžeme kromě rozlišení na statické a dynamické rozdělit také na reaktivní a proaktivní. Při měření reaktivní posturální stability dochází k neočekávaným výchylkám z rovnovážného stavu, úkolem testovaného je udržet co nejstabilnější pozici. U toho se obvykle sleduje trajektorii COP v čase. Testování proaktivní stability vyžaduje cílené změny těžiště nebo COP za účelem dosažení cíle. Zajímá nás tvar trajektorie COP a čas nutný pro splnění úkolu (Gow, 2015; Scoppa, 2013).

2.2.4.1.1 SMART EquiTest System

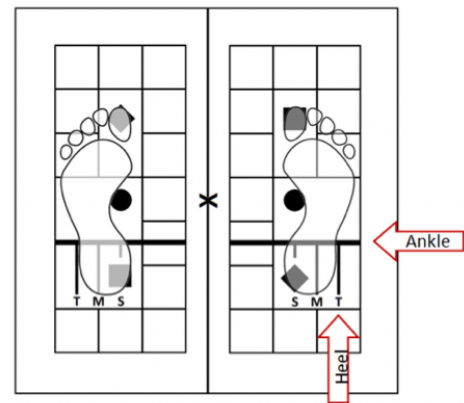
SMART EquiTest se řadí do dynamické posturografie. Poskytuje tedy objektivní hodnocení posturální stability v dynamických testovacích podmínkách. Hlavní výhodou je jeho schopnost identifikovat a kvantifikovat senzorké (vestibulární, vizuální, somatosenzorické) a motorické funkce, čímž umožňuje terapeutovi pochopit a správně nastavit léčebný plán. Systém umožňuje vyšetření i trénink s vizuálním biofeedbackem buď na stabilní, nebo nestabilní plošině, a to buď ve statickém, nebo dynamickém vizuálním prostředí. Naměřená data jsou převedena speciálním softwarem do grafické či numerické podoby.

SMEQ lze využívat např. u pacientů s problémy s rovnováhou, závratěmi, motorickými poruchami či v rámci prevence pádů u seniorů. Maximální nosnost přístroje je 200 kg a maximální výška testovaného 203 cm (Concordia University 2019; Natus Medical, 2015).

Systém se skládá se ze:

- speciálního softwaru,
- dynamické silové plošiny, která umožňuje rotační a translační pohyby,
- z pohyblivé kabiny s prostorem pro monitor a osvětlením,
- popruhů zabraňujících případnému pádu (3 velikosti),
- počítače,
- 2 LCD monitorů,
- zdroje proudu,
- barevné tiskárny,
- bezdrátové myši a
- vozíku (Natus Medical, 2015).

Vyšetřovaná osoba se nejprve obleče do vhodné velikosti popruhů zabraňujících pádu, a poté je dle instrukcí uvedena na testovací plošinu v přesném postavení chodidel – mediální malleolus na tlusté horizontální čáře a laterální okraj paty na vertikální čáře označené písmenem T (viz obrázek 7). Vyšetřovaný může poté přizpůsobit pozici chodidla tak, aby mu byla více pohodlná (mírná zevní rotace), ale zároveň musí být stále respektována pravidla umístění paty a hlezen.



Obrázek 7: Postavení chodidel na plošině (Concordia University, 2015)

Pokud je postoj správný, může začít testování.

K vyšetření slouží 7 protokolů: Sensory Organization Test, Motor Control Test, Adaptation Test, Limits of Stability, Rhythmic Weight Shift, Weight Bearing/Squat (WBS) a Unilateral Stance (Neurocom International, 2008, Natus Medical 2015). Praktická část této diplomové práce využívá 3 testovací protokoly: Motor Control test (MCT), Adaptation Test (AT) a Limits of Stability (LOS).

Motor Control Test

Motor Control test hodnotí schopnost vyšetřovaného rychle a automaticky zareagovat na neočekávané zevní výchylky – tzn. je nástrojem měření reaktivní posturální stability. Měření se skládá z posunů tenzometrické plošiny (kratších než 1 s) vpřed a poté vzad. Každý směr má 3 velikosti posunu (malý, střední, velký) a na každý z nich jsou 3 pokusy. Velikost posunu je automaticky přizpůsobena výšce vyšetřovaného a pauza mezi pokusy je náhodně dlouhá.

U tohoto protokolu hodnotí přístroj 4 parametry: Latency, Amplitude Scaling, Strength Symmetry a Weight Symmetry. První parametr (Latency) hodnotí dobu od počátku posunu plošiny po první motorickou reakci probanda. Je hodnocen pro každou dolní končetinu zvlášť, jednotkou jsou milisekundy (ms). Amplitude Scaling zobrazuje vynaloženou sílu, která byla potřeba pro návrat do stabilizovaného stavu v Newtonech (N). Strength Symmetry hodnotí stranovou rovnoměrnost rozložení síly reakce, Weight Symmetry zobrazuje stranové rozložení hmotnosti během posunu plošiny. Oba tyto parametry jsou bezrozměrnými veličinami. Skóre rovné 100 znamená rovnoměrnou silovou odpověď/rozložení váhy, vyšší než 100 značí větší zapojení pravé dolní končetiny a menší než 100 levé dolní končetiny (Concordia University 2019; Neurocom International, 2008; Vomáčková, 2020).

Adaptation Test

Druhý protokol také testuje reaktivní posturální stabilitu, a to konkrétně schopnost probanda reagovat a adaptovat se na náklon plošiny špičkami chodidel nahoru a dolů (tzv. „Toes Up“ a „Toes Down“). Každý směr je testován 5x, náklon plošiny činí 8° na jednu i druhou stranu. Pauza mezi pokusy je volena náhodně.

Parametr „Sway Energy Score“ vycházející z tohoto testovacího protokolu ukazuje na potřebnou reakční sílu, kterou proband vynaloží na udržení stability. Veličina je bezrozměrná a její hodnota by se díky adaptaci měla s každým pokusem snižovat (Concordia University 2019; Neurocom International, 2008; Vomáčková, 2020).

Limits of stability

Jediný z protokolů využitých v této diplomové práci, který testuje proaktivní posturální stabilitu. Hodnotí úroveň volní motorické kontroly při snaze testovaného co nejrychleji a nejpresněji přemístit COG do jednoho z 8 předurčených bodů, které jsou rozmístěny na LCD obrazovce a vzájemně svírají úhel 45°. COG je znázorněno pomocí panáčka pohybujícího se po obrazovce podle výchylek COG. Výchozí pozicí pro testování je stabilní stoj s COG ve středu obrazovky (označeno čtvercem). Po zaznění zvukového signálu má testovaný vždy 8 sekund pro dosažení cíle a setrvání v něm (případně snahu o jeho dosažení). Konec pokusu je opět označen zvukovým signálem.

Testovanými parametry jsou reakční doba („Reaction Time“), což je časový úsek od zaznění zvukového signálu po první motorickou odpověď (jednotkou jsou ms), průměrnou rychlost primárního pohybu COG („Movement Velocity“, jednotka °/s) nebo vzdálenost koncového bodu primárního pohybu („Endpoint Excursion“, v procentech limitů stability). Dále také maximální vzdálenost, kterou COG urazí během pokusu („Maximum Excursion“, v procentech). Když je tento parametr rovný 100 %, znamená to, že bylo dosaženo cíle v daném směru. Posledním parametrem je přesnost dráhy COG směrem k cíli („Directional Control“, v procentech). Hodnota 100 % by znamenala přímou trajektorii pohybu, menší hodnoty značí odchylky (Concordia University 2019; Neurocom International, 2008; Vomáčková, 2020).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 Cíl práce

Cílem výzkumného projektu je provést literární rešerši a shrnout současné poznatky z klinických studií o foam rollingu, jeho vlivu na jednotlivé tkáně a předpokládaném mechanismu účinku. Cílem experimentální části je zjistit, zda má foam rolling vybraných svalových skupin vliv na dynamickou posturální stabilitu. Výsledek experimentu by mohl být dalším aspektem v rozhodování, zda zařadit FR v rámci warm-upu či cool-downu, což je předmětem současných výzkumů a sporů mezi jejich autory.

3.2 Úkoly práce

1. Vypracování odborné literární rešerše zabývající se danou problematikou a stanovení vhodného metodického postupu na základě takto získaných informací.
2. Získání výzkumného souboru.
3. Provedení anamnestického, klinického a přístrojového vyšetření probandů před a po provedení terapeutické intervence.
4. Shromáždění dat z jednotlivých vyšetření.
5. Analýza dat z jednotlivých vyšetření.
6. Vyhodnocení a následná interpretace výsledků vzhledem k cíli a stanoveným hypotézám.

3.3 Výzkumné otázky

Má foam rolling vybraných svalových skupin u mladé sportující populace výraznější okamžitý efekt na zlepšení posturální stability v porovnání s kontrolní skupinou?

3.4 Hypotézy

H1¹: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějšímu snížení průměrného času reakční doby (parametr Reaction Time) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H1²: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějšímu průměrnému zlepšení parametru End Point Excursion u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H1³: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějším průměrnému zvýšení parametru Maximal Excursion u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H1⁴: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějším průměrnému zlepšení parametru Directional Control u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2¹: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k výraznějším průměrnému snížení času první reakce (parametr Latency – Composite Score) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2²: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k výraznějším průměrnému snížení potřebné síly pro ustálení rovnovážné polohy (parametr Amplitude Scaling) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2³: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k výraznějším průměrnému zvýšení symetrie rozložení hmotnosti snížení (parametr Weight Symmetry) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2⁴: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k průměrnému zvýšení stranové symetrie síly vynaložené k udržení stability (parametr Strength Symmetry) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H3: V rámci protokolu Adaptation Test dojde k výraznějším snížení potřebné síly pro udržení stability (parametr Sway Energy Score) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo 34 probandů, z toho 24 žen a 9 mužů průměrného věku 23,4 let ($\pm 2,18$), výšky 171,2 cm ($\pm 7,8$), hmotnosti 68,8 kg ($\pm 11,1$), kteří nemají žádné onemocnění ortopedického, interního či neurologického charakteru a neprodělali jakýkoli ortopedický úraz během posledního roku. Dále je sjednocovala pravidelná sportovní aktivita (průměrně $3,5 \pm 1,17$ hodin týdně). Porovnání průměrných údajů všech probandů, kontrolní a experimentální skupiny je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 1: Průměrná anamnestická data probandů v rámci jednotlivých skupin

	EXP	KON	Všichni
Počet probandů	17	17	34
Počet mužů	6	3	9
Počet žen	10	14	24
Odrazová PDK	10	10	20
Odrazová LDK	7	7	14
Ø věk (roky)	23,38 ($\pm 2,56$)	23,41 ($\pm 1,72$)	23,4 ($\pm 2,18$)
Ø výška (cm)	171,76 ($\pm 7,16$)	170,65 ($\pm 8,27$)	171,21 ($\pm 7,76$)
Ø hmotnost (kg)	70,06 ($\pm 5,98$)	67,29 ($\pm 14,3$)	68,68 ($\pm 11,06$)
Ø BMI	23,82 ($\pm 2,42$)	22,92 ($\pm 3,18$)	23,37 ($\pm 2,86$)
Ø počet hodin sportovní činnosti (za týden)	3,65 ($\pm 1,13$)	3,35 ($\pm 1,18$)	3,5 ($\pm 1,17$)

4.2 Použité metody

Tento projekt byl schválen Etickou komisí UK FTVS dne 22.3.2022 pod jednacím číslem 64/2022 (viz příloha 1). Kritéria pro účast na projektu byla následující:

- věk mezi 18-30 let,
- pravidelná sportovní aktivita.

Všichni probandi byli seznámeni s průběhem výzkumu, jeho podmínkami a riziky, což stvrdili podpisem informovaného souhlasu, jehož vzor je rovněž přiložen v části příloh této práce. Před začátkem měření vyplnili všichni probandi dotazník týkající se anamnestických dat. V případě zjištění onemocnění ortopedického, interního či neurologického charakteru či výskytu jakéhokoli ortopedického úrazu během posledního roku nebyl proband k výzkumu připuštěn.

Po vyplnění dotazníku byla každému probandovi změřena tělesná výška hmotnost a poté si každý vylosoval, zda bude v experimentální či kontrolní skupině. Experimentální skupině byla vysvětlena a názorně předvedena pravidla foam rollingu. Po oblečení jisticích popruhů se přistoupilo k vlastnímu měření testovacích protokolů v následujícím pořadí (bez pauzy) – Motor Control Test, Adaptation Test, Limits of Stability. U posledního jmenovaného bylo náhodně losováno pořadí směrů, aby se co nejvíce vyloučil vliv motorického učení. Po prvním měření měla kontrolní skupina 10 minut pauzu. Experimentální skupina provedla pod supervizi foam rolling. Každá svalová skupina byla válcována po dobu 1 minuty, nejprve na pravé straně, poté na levé. Svalové skupiny byly válcovány v následujícím pořadí:

1. lýtkové svaly
2. posteriorní strana stehna (ischiokrurální svaly)
3. laterální strana stehna (iliotibiální trakt)
4. anteriorní strana stehna (m. quadriceps femoris)
5. m. gluteus medius a minimus
6. paravertebrální svaly.

Po skončení intervence (kontrolní skupina po pauze) se ihned přistoupilo ke druhému měření totožných protokolů v totožném pořadí. U Limitů stability bylo pořadí směrů jiné než v prvním pokusu – opět na základě náhodného losování.

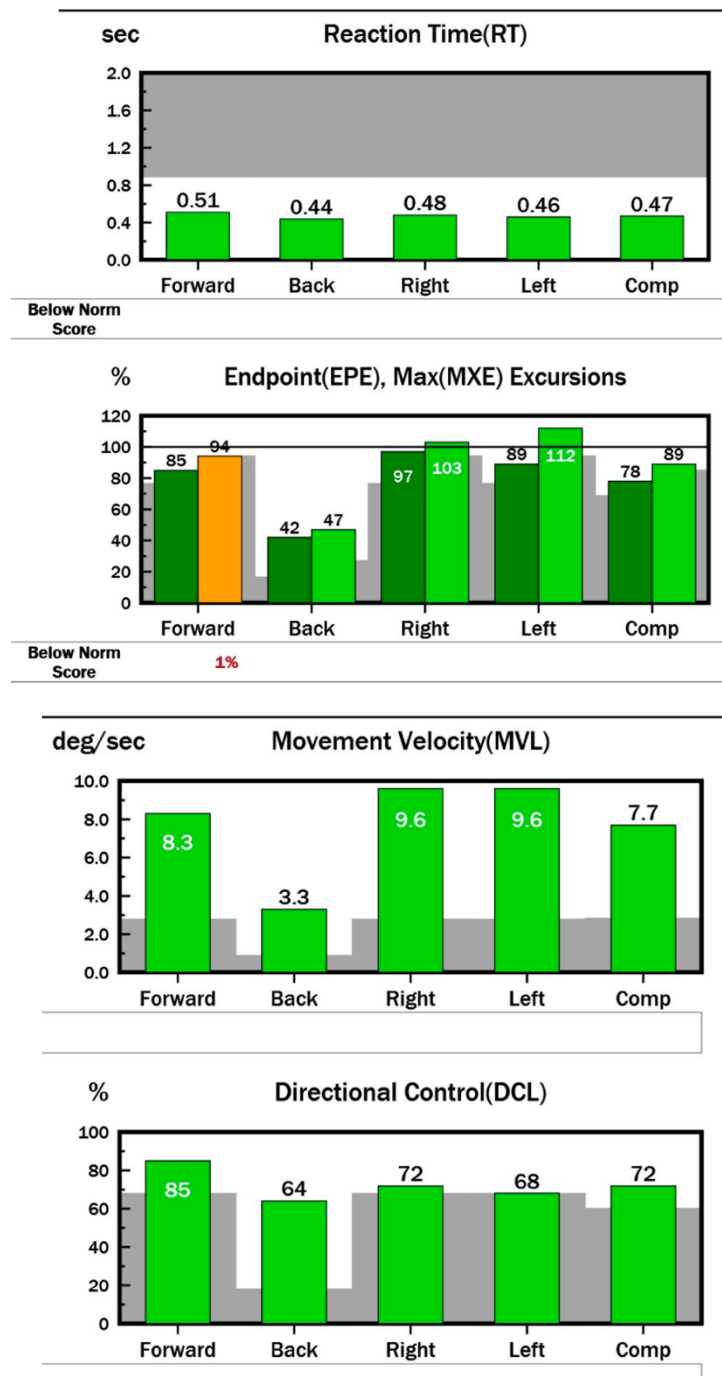
4.3 Sběr dat

Sběr dat probíhal během měsíce června 2022 v Kineziologické laboratoři Katedry fyzioterapie FTVS UK. Probandi vyplnili anamnestický dotazník a byli randomizovaně rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny. Obě skupiny absolvovaly dvě totožná měření, a to před a po provedení foam rollingu vybraných svalových skupin (u kontrolní skupiny po 10minutové pauze). Data byla získána z anamnestických údajů a pomocí přístrojového vyšetření na přístroji SMART EquiTest od firmy NeuroCom – konkrétně z následujících testovacích protokolů:

- Limits of stability,
- Motor Control Test,
- Adaptation Test.

4.4 Analýza dat

Získaná data z programu NeuroCom Data Analyser (ve formátu PDF) a z anamnestických dotazníků byla převedena do přehledných tabulek v Microsoft Excel verze 2019 a zpracována pomocí funkcí (průměr, směrodatná odchylka, minimum a maximum). Následně byla porovnána data experimentální a kontrolní skupiny pro určení statistické a klinické významnosti a potvrzení či vyvrácení hypotéz. Pro potvrzení hypotézy byl zapotřebí výsledek s minimálně malou klinickou významností.



Obrázek 8: Ilustrační znázornění vyhodnocených dat programem NeuroCom Data Analyser – Limits Of Stability (archiv autorky, 2022)

5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou zaneseny výsledky všech probandů. Jejich charakteristika je popsána v jedné z předchozích kapitol (3.1. Charakteristika výzkumného souboru). Data byla zpracována pro všechny probandy z experimentální skupiny a kontrolní skupiny zvlášť. Následně byla porovnána pro určení statistické a klinické významnosti a ověření hypotéz.

Hladina statistické významnosti byla vypočítána pomocí dvouvýběrového t-testu s oboustranným rozptylem. Za hladinu statistické významnosti byla určena hodnota $p < 0,05$.

Pro výpočet klinické významnosti byl využit Cohenův koeficient d. Rozpětí hodnot pro určení klinické významnosti je zaneseno v tabulce níže – barevné zobrazení bude pro přehlednost využito dále ve vyhodnocení výsledků. Zároveň budou v tabulkách podtrženy hodnoty Cohena d, které ukazují na lepší výsledky experimentální skupiny oproti kontrolní.

Tabulka 2: Znázornění mezí klinické významnosti

Cohenovo d		0 – 0,19	0,2 – 0,49	0,5 – 0,79	0,8 – 1
Klinická významnost	Lepší výsledek EXP	žádná	<u>malá</u>	<u>střední</u>	<u>velká</u>
	Lepší výsledek KON	žádná	malá	střední	velká

5.1 Vyhodnocení Limits of Stability

V prvním z testovacích protokolů byly hodnoceny následující parametry – Reaction Time (ms), End Point Excursion (bezrozměrná veličina), Maximal Excursion (také bezrozměrná veličina) a Directional Control (%).

Následující podkapitoly obsahují tabulky a grafy, které ukazují průměrné hodnoty a směrodatné odchylky každé skupiny ve všech testovaných směrech. Hodnoty označené PRE jsou výsledky prvního měření, POST potom po intervenci. Poslední řádky jsou průměrem všech směrů v rámci dané veličiny. Poslední dva sloupce určují klinickou (Cohenovo D) a statistickou (hodnota p) významnost.

5.1.1 Reaction Time

Reaction Time je parametr určující časový úsek od zaznění zvukového signálu po první motorickou odpověď probanda. Čím kratší je tento časový interval, tím je výsledek lepší.

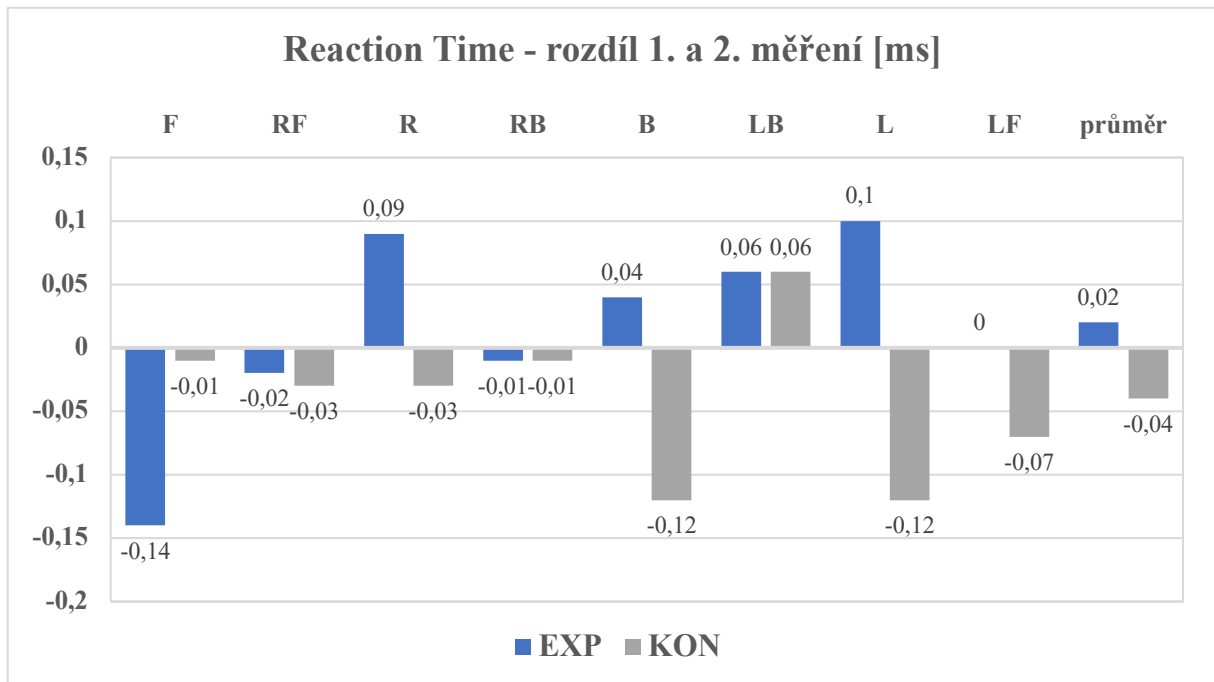
Tabulka 3: LOS – Reaction Time (průměrné výsledky)

Reaction Time [ms]			EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
			Průměr	SO	Průměr	SO		
F	vpřed	PRE	0,88	0,36	0,72	0,31	-0,32	0,37
		POST	0,75	0,22	0,71	0,25		
		rozdíl	-0,14	0,42	-0,01	0,34		
R F	šikmo vpravo vpřed	PRE	0,72	0,27	0,68	0,28	0,02	0,95
		POST	0,70	0,27	0,65	0,16		
		rozdíl	-0,02	0,36	-0,03	0,33		
R	vpravo	PRE	0,73	0,29	0,65	0,2	0,60	0,10
		POST	0,82	0,4	0,62	0,2		
		rozdíl	0,09	0,22	-0,03	0,18		
R B	šikmo vpravo vzad	PRE	0,69	0,28	0,66	0,23	0,01	0,97
		POST	0,68	0,24	0,65	0,21		
		rozdíl	-0,01	0,4	-0,01	0,27		
B	vzad	PRE	0,61	0,23	0,68	0,32	0,51	0,16
		POST	0,65	0,2	0,55	0,13		
		rozdíl	0,04	0,31	-0,12	0,34		
L B	šikmo vlevo vzad	PRE	0,60	0,22	0,61	0,28	0,02	0,95
		POST	0,66	0,19	0,67	0,27		
		rozdíl	0,06	0,29	0,06	0,29		
L	vlevo	PRE	0,68	0,23	0,70	0,4	0,56	0,13
		POST	0,78	0,36	0,58	0,16		
		rozdíl	0,10	0,4	-0,12	0,39		
L F	šikmo vlevo vpřed	PRE	0,75	0,25	0,71	0,31	0,16	0,65
		POST	0,76	0,3	0,64	0,32		
		rozdíl	0,00	0,39	-0,07	0,5		
průměr všech směrů		PRE	0,71	0,14	0,67	0,18	0,37	0,30
		POST	0,73	0,19	0,63	0,11		
		rozdíl	0,02	0,18	-0,04	0,14		

Legenda k tabulce: PRE – měření před intervencí, POST – měření po intervencí, rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Jak lze vyčíst z tabulky a grafu, došlo průměrně ke zhoršení experimentální skupiny o 0,02 ms, zatímco kontrolní skupina se o 0,04 ms zlepšila. Tento výsledek se pohybuje v mezích malé klinické významnosti ($D = 0,37$) a **vyvrací hypotézu H1¹**.

Graf 1: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Reaction Time



Legenda ke grafu: F – směr vpřed, RF – šikmo vpravo vpřed, R – vpravo, RB – šikmo vpravo vzad, B – vzad, LB – šikmo vlevo vzad, L – vlevo, LF – šikmo vlevo vpřed, průměr – průměr všech směrů u každé skupiny, EXP – experimentální skupiny, KON – kontrolní skupina

V jednotlivých směrech se výsledky lišily. Experimentální skupina se nejvýrazněji zlepšila ve směru vpřed (o 0,14 ms), největší zhoršení naopak nastalo u přesunu těžiště doleva. Kontrolní skupina se nejvíce zlepšila ve směru vpřed a vlevo a největší zhoršení nastalo při přesunu těžiště vlevo vzad.

Zajímavé je, že k největším rozdílům mezi skupinami docházelo při předozadním a laterolaterálním směru (tedy vpřed, vzad, vlevo a vpravo) a ukázaly se tak jako citlivější parametr pro zhodnocení efektu foam rollingu. Tyto rozdíly nabývaly malé (vpřed) a střední klinické významnosti. V diagonálních přesunech těžiště se jednotlivé skupiny významně nelišily.

5.1.2 End Point Excursion (absolutní hodnota rozdílu od 100)

Při hodnocení parametru End Point Excursion (%), který určuje vzdálenost koncového bodu primárního pohybu (tj. vzdálenost COG od cílového bodu při skončení pokusu), byla vypočtena absolutní hodnota rozdílu od 100 u prvního i druhého měření. Ideálním výsledkem bylo 100 - přesné dosažení cíle.

Tabulka 4: LOS – End Point Excursion (průměrné výsledky)

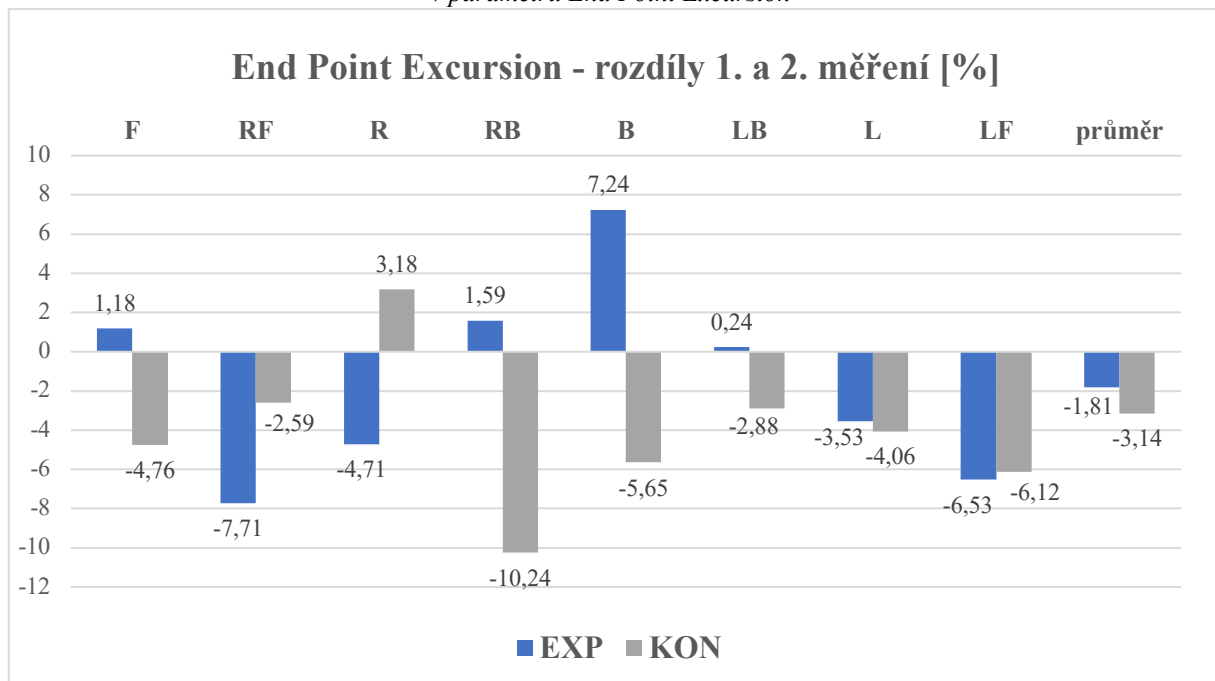
End Point Excursion [%]			EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
			Průměr	SO	Průměr	SO		
F	vpřed	PRE	25,24	20,95	30,65	22,47	0,28	0,43
		POST	26,41	14,04	25,88	17,27		
		rozdíl	1,18	21,67	-4,76	20,70		
R F	šikmo vpravo vpřed	PRE	19,41	20,32	11,88	14,65	<u>-0,27</u>	0,45
		POST	11,71	9,03	9,29	11,30		
		rozdíl	-7,71	20,06	-2,59	17,93		
R	vpravo	PRE	17,76	13,26	15,00	9,19	<u>-0,65</u>	0,08
		POST	13,06	6,51	18,18	13,16		
		rozdíl	-4,71	12,86	3,18	11,37		
R B	šikmo vpravo vzad	PRE	23,06	21,29	21,59	14,98	0,67	0,07
		POST	24,65	15,60	11,35	8,22		
		rozdíl	1,59	21,81	-10,24	11,92		
B	vzad	PRE	39,94	12,73	48,00	16,09	0,68	0,06
		POST	47,18	14,83	42,35	13,69		
		rozdíl	7,24	18,54	-5,65	19,12		
L B	šikmo vlevo vzad	PRE	18,06	12,47	17,94	17,60	0,19	0,60
		POST	18,29	10,44	15,06	9,89		
		rozdíl	0,24	15,12	-2,88	18,04		
L	vlevo	PRE	18,06	11,07	19,12	17,09	0,04	0,92
		POST	14,53	8,92	15,06	9,59		
		rozdíl	-3,53	13,74	-4,06	15,78		
L F	šikmo vlevo vpřed	PRE	16,59	17,52	14,24	11,88	<u>-0,02</u>	0,95
		POST	10,06	7,42	8,12	8,75		
		rozdíl	-6,53	18,98	-6,12	14,16		
průměr všech směrů		PRE	21,34	8,56	20,45	10,41	0,18	0,62
		POST	19,53	5,61	17,31	7,77		
		rozdíl	-1,81	7,63	-3,14	7,57		

Legenda k tabulce: PRE – měření před intervencí, POST – měření po intervencí, rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Průměrně se v parametru End Point Excursion experimentální skupina zlepšila o něco méně než skupina kontrolní. **Hypotéza H1² tak byla vyvrácena.** Tento výsledek však nenabývá ani statistické ani klinické významnosti.

I v tomto parametru nebyly výsledky v konkrétních směrech jednotné. Experimentální skupina dosahovala lepších výsledků ve směru šikmo vpravo vpřed (malá klin. významnost), vpravo a šikmo vlevo vzad. Klinicky významný (v mezích střední významnosti) rozdíl mezi skupinami byl pouze u směru vpravo. V ostatních směrech bylo zlepšení kontrolní skupiny výraznější (vlevo a šikmo vlevo vpřed) nebo dokonce došlo ke zhoršení skupiny experimentální a zlepšení kontrolní (směr vpřed – malá klin. významnost, šikmo vpravo vzad, vzad a šikmo vlevo vzad). Klinicky významný rozdíl (střední úrovně) ve prospěch kontrolní skupiny byl pozorován ve směrech vzad a šikmo vpravo vzad.

Graf 2: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru End Point Excursion



Legenda ke grafu: F – směr vpřed, RF – šikmo vpravo vpřed, R – vpravo, RB – šikmo vpravo vzad, B – vzad, LB – šikmo vlevo vzad, L – vlevo, LF – šikmo vlevo vpřed, průměr – průměr všech směrů u každé skupiny, EXP – experimentální skupiny, KON – kontrolní skupina

5.1.3 Maximal Excursion

Parametr Maximal Excursion procentuálně vyjadřuje maximální vzdálenost, kterou COG urazí během daného pokusu. Čím vyšší je hodnota, tím lepší výsledek.

Tabulka 5: LOS – Maximal Excursion (průměrné výsledky)

Maximal Excursion [%]			EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
			Průměr	SO	Průměr	SO		
F	vpřed	PRE	89,82	9,99	88,59	13,13	-0,34	0,35
		POST	86,94	11,01	88,12	10,51		
		rozdíl	-2,88	8,94	-0,47	4,74		
R F	šikmo vpravo vpřed	PRE	102,35	5,41	101,41	5,92	<u>0,21</u>	0,56
		POST	102,59	5,53	100,47	5,62		
		rozdíl	0,24	6,53	-0,94	4,44		
R	vpravo	PRE	93,71	5,86	95,88	6,02	<u>0,40</u>	0,27
		POST	94,76	6,30	94,71	6,09		
		rozdíl	1,06	6,11	-1,18	5,09		
R B	šikmo vpravo vzad	PRE	93,65	10,76	93,59	8,64	-0,03	0,92
		POST	95,59	9,94	95,82	7,02		
		rozdíl	1,94	10,69	2,24	5,48		
B	vzad	PRE	73,94	10,64	76,12	12,69	-0,07	0,84
		POST	74,47	12,29	77,41	9,32		
		rozdíl	0,53	10,31	1,29	10,82		
L B	šikmo vlevo vzad	PRE	93,29	10,84	98,18	10,78	<u>0,20</u>	0,57
		POST	94,06	9,38	96,82	9,28		
		rozdíl	0,76	9,56	-1,35	11,33		
L	vlevo	PRE	93,35	6,89	96,12	5,68	<u>0,38</u>	0,29
		POST	94,71	6,60	95,41	4,92		
		rozdíl	1,35	5,66	-0,71	5,04		
L F	šikmo vlevo vpřed	PRE	98,65	7,45	102,29	7,80	<u>0,71</u>	0,05
		POST	100,59	5,66	99,76	8,15		
		rozdíl	1,94	7,45	-2,53	4,82		
průměr všech směrů		PRE	92,35	5,12	94,02	5,57	<u>0,29</u>	0,72
		POST	92,96	4,94	93,57	4,90		
		rozdíl	0,62	4,20	-0,46	3,25		

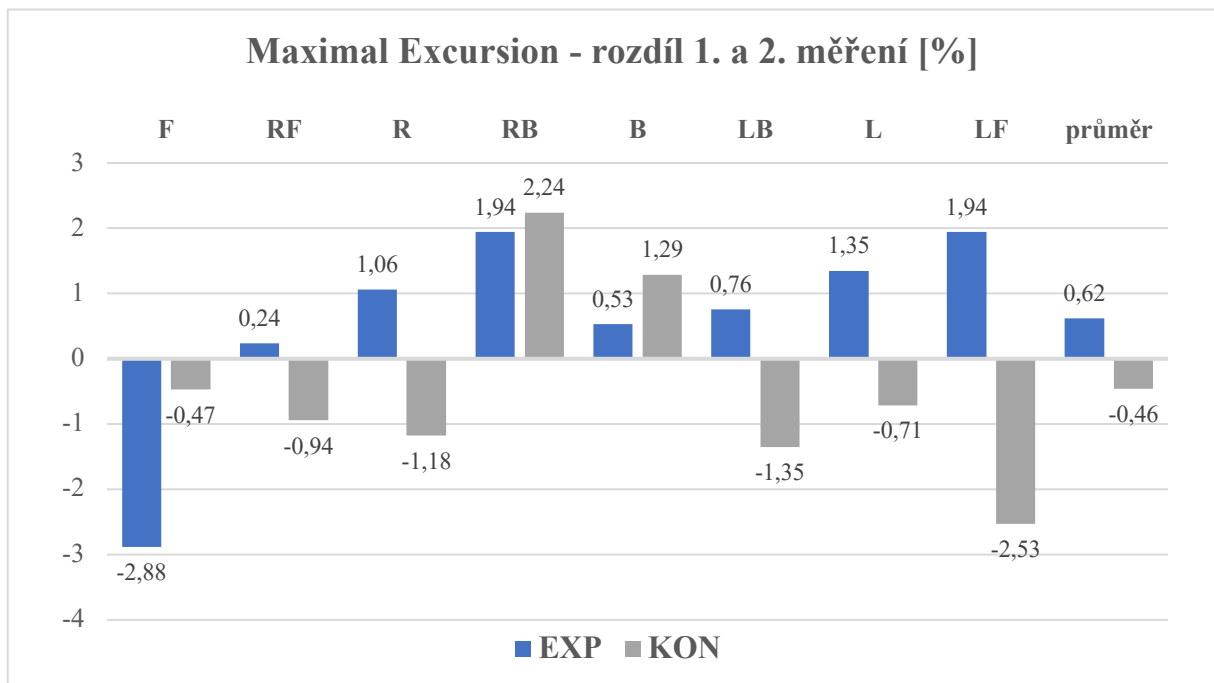
Legenda k tabulce: PRE – měření před intervencí, POST – měření po intervenci, rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Průměrně došlo ke zvýšení pohybu COG ve směru cílového bodu u experimentální skupiny, zatímco kontrolní skupina se mírně zhoršila. Tento rozdíl nabývá mezi malé klinické významnosti a **potvrzuje tak hypotézu H1³**. Pouze při směru vpřed měla experimentální

skupina málo klinicky významné zhoršení oproti kontrolní skupině. Ta se sice také zhoršila, ale o něco méně.

Ve směru vpravo, šikmo vpravo vzad, šikmo vlevo vzad, vlevo a šikmo vlevo vpřed dosahovala lepších výsledků skupina experimentální – ve všech těchto směrech se probandi průměrně zlepšili, zatímco kontrolní skupina se průměrně zhoršila. Jako nejvíce rozdílný směr se ukázal posun těžiště ve směru šikmo vlevo vpřed – zde došlo k rozdílu v mezích statistické ($p = 0,05$) i střední klinické významnosti ($D = 0,71$).

Graf 3: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měření experimentální a kontrolní skupiny v parametru Maximal Excursion



Legenda ke grafu: F – směr vpřed, RF – šikmo vpravo vpřed, R – vpravo, RB – šikmo vpravo vzad, B – vzad, LB – šikmo vlevo vzad, L – vlevo, LF – šikmo vlevo vpřed, průměr – průměr všech směrů u každé skupiny, EXP – experimentální skupiny, KON – kontrolní skupina

5.1.4 Directional Control

Tento parametr určuje přesnost posunu COG směrem k cílovému bodu. Je opět vyjádřen v procentech. Nejlepším možným výsledkem je 100 %, kdy se COG pohybuje po nejkratší možné dráze k cíli (přímce).

Tabulka 6: LOS – Directional Control (průměrné výsledky)

Directional Control [%]			EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
			Průměr	SO	Průměr	SO		
F	vpřed	PRE	92,00	3,45	91,82	4,15	-0,13	0,71
		POST	89,88	5,55	90,53	6,88		
		rozdíł	-2,12	6,88	-1,29	5,66		
R F	šikmo vpravo vpřed	PRE	84,71	8,59	81,41	12,32	-0,56	0,12
		POST	81,59	10,26	83,35	6,66		
		rozdíł	-3,12	6,99	1,94	10,63		
R	vpravo	PRE	84,47	6,45	84,82	5,00	0,25	0,49
		POST	88,29	5,05	87,24	3,95		
		rozdíł	3,82	5,31	2,41	6,02		
R B	šikmo vpravo vzad	PRE	72,00	9,89	73,71	8,63	0,11	0,77
		POST	73,06	10,47	73,82	6,26		
		rozdíł	1,06	8,98	0,12	8,82		
B	vzad	PRE	78,71	13,89	78,35	9,73	0,14	0,70
		POST	75,82	15,43	73,59	11,40		
		rozdíł	-2,88	15,42	-4,76	12,11		
L B	šikmo vlevo vzad	PRE	67,82	16,78	68,35	8,86	-0,06	0,86
		POST	71,59	14,06	72,94	11,84		
		rozdíł	3,76	15,06	4,59	11,30		
L	vlevo	PRE	84,12	9,92	84,29	6,44	0,07	0,84
		POST	86,53	5,45	86,12	5,14		
		rozdíł	2,41	8,89	1,82	7,72		
L F	šikmo vlevo vpřed	PRE	84,47	7,09	83,65	11,79	-0,38	0,29
		POST	83,29	8,39	86,53	6,00		
		rozdíł	-1,18	10,77	2,88	10,43		
průměr všech směrů		PRE	81,04	6,20	80,80	4,50	-0,20	0,57
		POST	81,26	6,14	81,76	4,16		
		rozdíł	0,22	3,37	0,96	3,95		

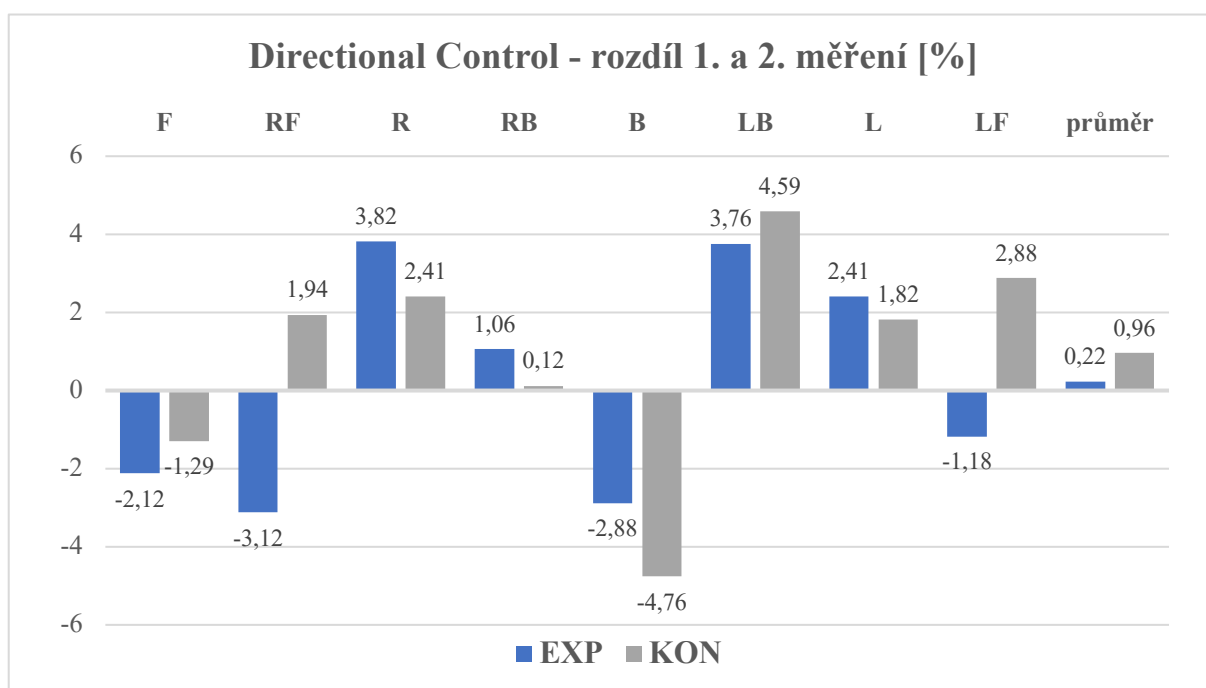
Legenda k tabulce: PRE – měření před intervencí, POST – měření po intervenci, rozdíł – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Přesnost posunu COG směrem k cílovému bodu se průměrně zlepšila u obou skupin, markantnější zlepšení nastalo u skupiny kontrolní. **Hypotéza H1⁴ tak byla vyvrácena.**

Středně klinicky významné zhoršení experimentální skupiny (se současným zlepšením skupiny kontrolní) nastalo ve směru šikmo vpravo vpřed a šikmo vlevo vpřed. Dále dosáhla experimentální skupiny horších výsledků ve směru vpřed a šikmo vlevo vzad. Tyto rozdíly mezi skupinami však nebyly nijak významné.

Klinicky málo významného lepšího výsledku dosáhla experimentální skupina pouze při posunu COG doprava. Dále to bylo také ve směru šikmo vpravo vzad, vzad a vlevo – tyto výsledky jsou však klinicky i statisticky nevýznamné.

Graf 4: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Directional Control



Legenda ke grafu: F – směr vpřed, RF – šikmo vpravo vpřed, R – vpravo, RB – šikmo vpravo vzad, B – vzad, LB – šikmo vlevo vzad, L – vlevo, LF – šikmo vlevo vpřed, průměr – průměr všech směrů u každé skupiny, EXP – experimentální skupiny, KON – kontrolní skupina

5.2 Vyhodnocení Motor Control Test

V druhém z testovacích protokolů byly hodnoceny následující parametry – Latency (ms), Amplitude Scaling (N), Weight symmetry a Strength Symmetry (obě bezrozměrné).

Následující podkapitoly obsahují tabulky a grafy, které ukazují průměrné hodnoty a směrodatné odchylky každé skupiny ve všech testovacích pokusech – při malých, středních a velkých translacích. První tabulka znázorňuje vždy výsledky u posunů plošiny vzad, druhá vpřed. Hodnoty označené PRE jsou výsledky prvního měření, POST potom po intervenci. U parametrů Latency a Amplitude Scaling jsou výsledky znázorněny pro pravou (R) a levou (L) dolní končetinu zvlášť. Poslední řádky jsou průměrem všech pokusů v rámci dané veličiny. Poslední dva sloupce určují klinickou (Cohenovo d) a statistickou (hodnota p) významnost.

5.2.1 Latency

Parametr Latency, jehož jednotkou jsou milisekundy (ms), určuje čas od začátku pohybu plošiny po první motorickou reakci probanda. Čím kratší čas první reakce, tím lepší výsledek.

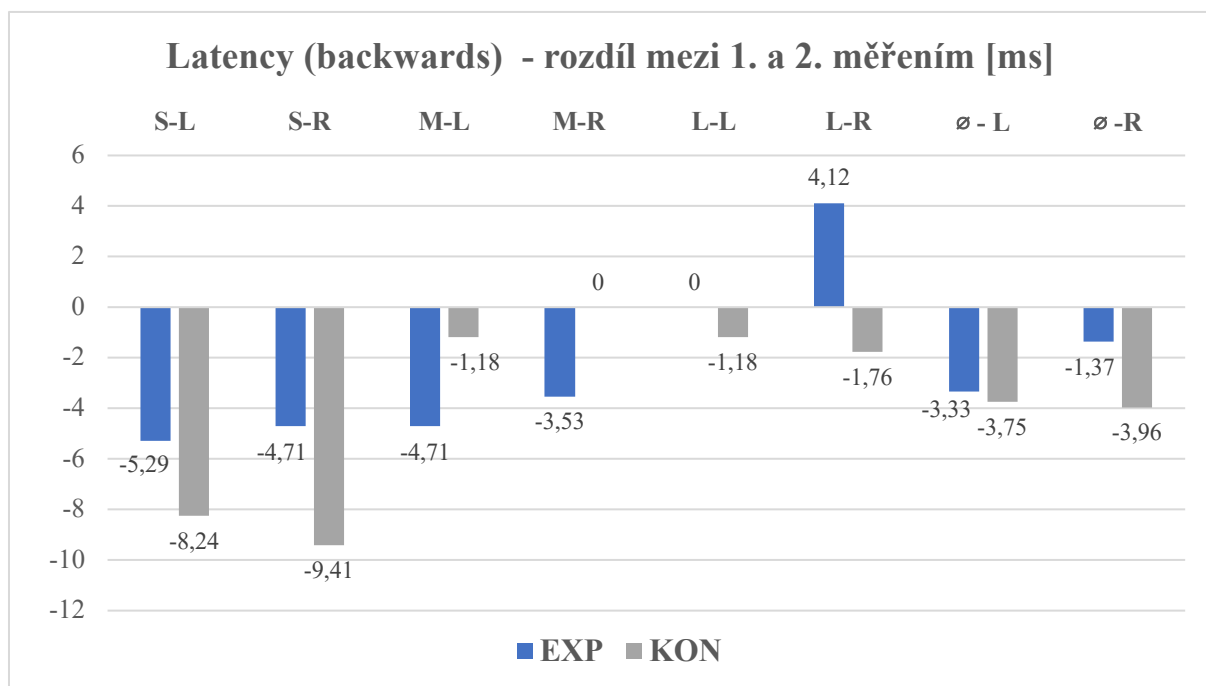
Tabulka 7: MCT – Latency Backwards (průměrné výsledky)

Backwards [ms]		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	L-PRE	130,59	12,59	133,13	11,02	0,23	0,52
	L-POST	125,29	14,19	124,38	16,19		
	L-rozdíl	-5,29	15,00	-8,24	9,84		
	R-PRE	130,59	12,59	136,25	7,81	0,31	0,38
	R-POST	125,88	14,17	126,25	9,92		
	R-rozdíl	-4,71	17,19	-9,41	12,59		
medium	L-PRE	124,12	10,88	125,00	11,18	<u>-0,28</u>	0,43
	L-POST	119,41	13,49	123,75	14,52		
	L-rozdíl	-4,71	13,77	-1,18	11,31		
	R-PRE	124,71	13,77	122,50	14,36	<u>-0,30</u>	0,40
	R-POST	121,18	13,23	122,50	12,50		
	R-rozdíl	-3,53	12,34	0,00	10,85		
large	L-PRE	118,82	9,63	122,50	7,50	0,13	0,72
	L-POST	118,82	10,22	121,25	11,66		
	L-rozdíl	0,00	8,40	-1,18	10,22		
	R-PRE	118,82	14,09	124,38	7,88	0,58	0,11
	R-POST	122,94	13,62	122,50	7,50		
	R-rozdíl	4,12	13,31	-1,76	5,13		
průměr	L-PRE	124,51	9,28	126,88	8,54	0,05	0,95
	L-POST	121,18	10,72	123,13	12,44		
	L-rozdíl	-3,33	9,22	-3,75	7,06		
	R-PRE	124,71	10,79	127,71	8,48	0,37	0,35
	R-POST	123,33	9,63	123,75	7,89		
	R-rozdíl	-1,37	6,87	-3,96	7,29		

Legenda k tabulce: L – levá dolní končetina, R – pravá dolní končetina, PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Jak lze vyčíst z výše uvedené tabulky, nedošlo k nijak klinicky významnému výsledku na levé dolní končetině (Cohenovo $d = 0,05$), zatímco na pravé byl málo významný rozdíl ($d = 0,37$) mezi zlepšením experimentální a kontrolní skupiny, a to ve prospěch skupiny kontrolní.

Graf 5: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Latency ve směru translace vzad



Legenda ke grafu: S-L – latence levé DK při malé translaci vzad, S-R – latence pravé DK při malé translaci, M-L – latence levé DK při střední translaci, M-R - latence pravé DK při střední translaci, L-L - latence levé DK při velké translaci, L-R - latence pravé DK při velké translaci, ø-L – průměrná latence levé DK, ø-R průměrná latence pravé DK

Při malých translacích docházelo k výraznějšímu zlepšení času první reakce u experimentální skupiny oproti kontrolní. Tento výsledek má však malou klinickou významnost stejně tak jako mírně lepší výsledek experimentální skupiny při středních translacích. Při velkých translacích došlo ke středně klinicky významnému rozdílu latence na pravé dolní končetině – zatímco se experimentální skupina zhoršila, čas první reakce kontrolní skupiny se zrychlil. Žádný z výsledků neprokázal statistickou významnost.

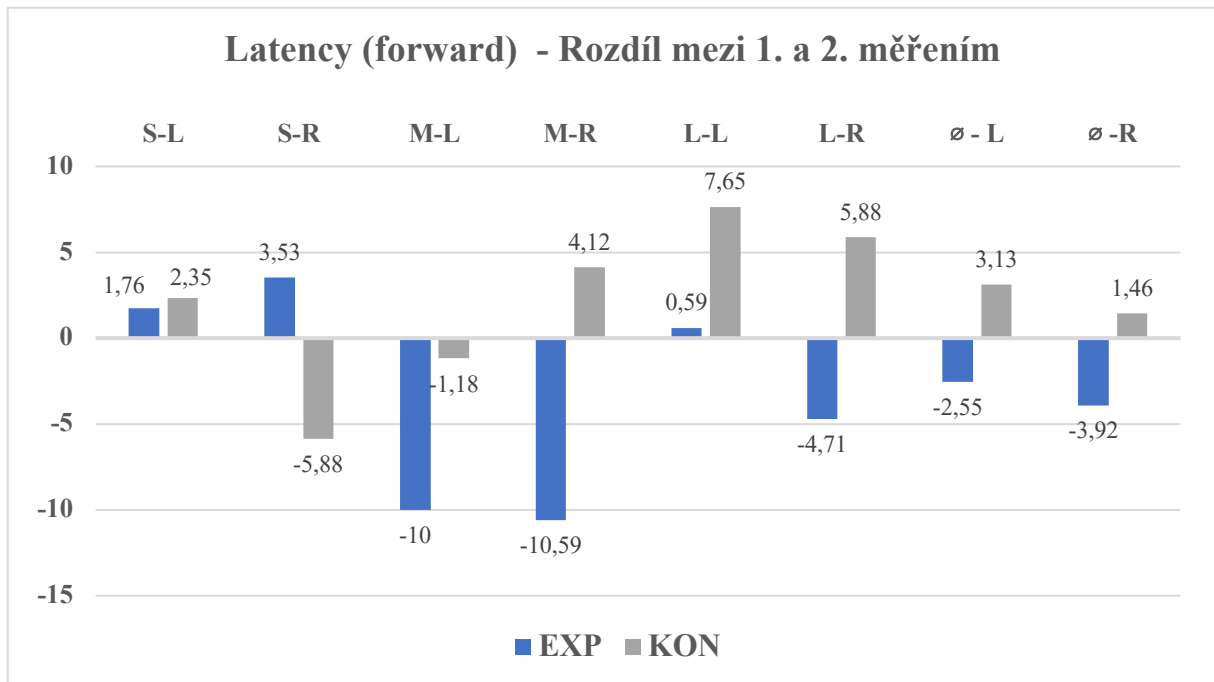
Tabulka 8: MCT – Latency Forward (průměrné výsledky)

Forward [ms]		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	L-PRE	140,00	23,51	139,38	11,44	<u>-0,02</u>	0,96
	L-POST	141,76	25,95	141,88	19,44		
	rozdíl	1,76	36,50	2,35	19,26		
	R-PRE	137,65	16,64	138,75	16,15	0,38	0,29
	R-POST	141,18	34,62	132,50	14,79		
	rozdíl	3,53	29,09	-5,88	19,72		
medium	L-PRE	135,88	24,27	128,75	11,11	<u>-0,51</u>	0,16
	L-POST	125,88	12,86	127,50	8,29		
	rozdíl	-10,00	21,96	-1,18	10,78		
	R-PRE	142,35	27,98	129,38	10,29	<u>-0,60</u>	0,10
	R-POST	131,76	20,65	133,75	23,42		
	rozdíl	-10,59	23,88	4,12	25,45		
large	L-PRE	129,41	7,25	126,25	12,69	<u>-0,33</u>	0,36
	L-POST	130,00	20,58	134,38	22,35		
	rozdíl	0,59	17,65	7,65	24,62		
	R-PRE	132,35	14,36	123,13	12,10	<u>-0,66</u>	0,07
	R-POST	127,65	8,76	129,38	23,31		
	rozdíl	-4,71	9,77	5,88	20,31		
průměr	L-PRE	135,10	11,94	131,46	10,07	<u>-0,58</u>	0,12
	L-POST	132,55	14,97	134,58	9,99		
	L-rozdíl	-2,55	7,71	3,13	11,58		
	R-PRE	137,45	15,49	130,42	10,53	<u>-0,50</u>	0,18
	R-POST	133,53	18,17	131,88	13,33		
	R-rozdíl	-3,92	8,50	1,46	12,69		

Legenda k tabulce: L – levá dolní končetina, R – pravá dolní končetina, PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Při vychylování plošiny vpřed došlo průměrně ke středně klinicky významnému výsledku jak na pravé (Cohenovo d = 0,5) tak na levé (d = 0,58) dolní končetině. Zatímco se čas první reakce na translaci snížil u experimentální skupiny, u kontrolní se zvýšil.

Graf 6: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Latency ve směru translace vpřed



Legenda ke grafu: S-L – latence levé DK při malé translaci vzad, S-R – latence pravé DK při malé translaci, M-L – latence levé DK při střední translaci, M-R – latence pravé DK při střední translaci, L-L – latence levé DK při velké translaci, L-R – latence pravé DK při velké translaci, ø-L – průměrná latence levé DK, ø-R průměrná latence pravé DK, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Při podrobnějším pohledu na jednotlivé velikosti vychýlení vidíme málo klinicky významné zhoršení na pravé dolní končetině u experimentální skupiny u malých posunů v porovnání se skupinou kontrolní, která se zlepšila. Na levé nedošlo k nijak významnému výsledku. Při středních a velkých translacích docházelo k lepším výsledkům malé až střední významnosti u experimentální skupiny oproti kontrolní. Ani v tomto parametru se však neprokázala žádná statistická významnost.

Tabulka 9: MCT – Composite Score (průměrné výsledky)

Composite Score [ms]	EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
	Průměr	SO	Průměr	SO		
PRE	128,35	10,44	125,31	8,48	-0,94	0,01
POST	124,76	9,85	126,81	7,07		
rozdíl	-3,59	5,86	1,50	4,89		

Legenda k tabulce: PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

U parametru Composite Score, který je vypočten jako průměr všech latencí do všech směrů došlo k vysoce klinicky i statisticky významnému rozdílu. Experimentální skupina se zlepšila o 3,59 ms, zatímco čas první reakce kontrolní skupiny se zhoršil průměrně o 1,5 ms.

Hypotéza H2¹ tak byla potvrzena se statistickou i vysokou klinickou významností.

5.2.2 Amplitude Scaling

V následujících tabulkách jsou zaznamenány výsledky jednotlivých skupin v rámci parametru Amplitude Scaling (jednotka Newton), který ukazuje, jaká síla byla potřebná k obnovení stabilizovaného stavu. Čím menší síla, tím lepší výsledek.

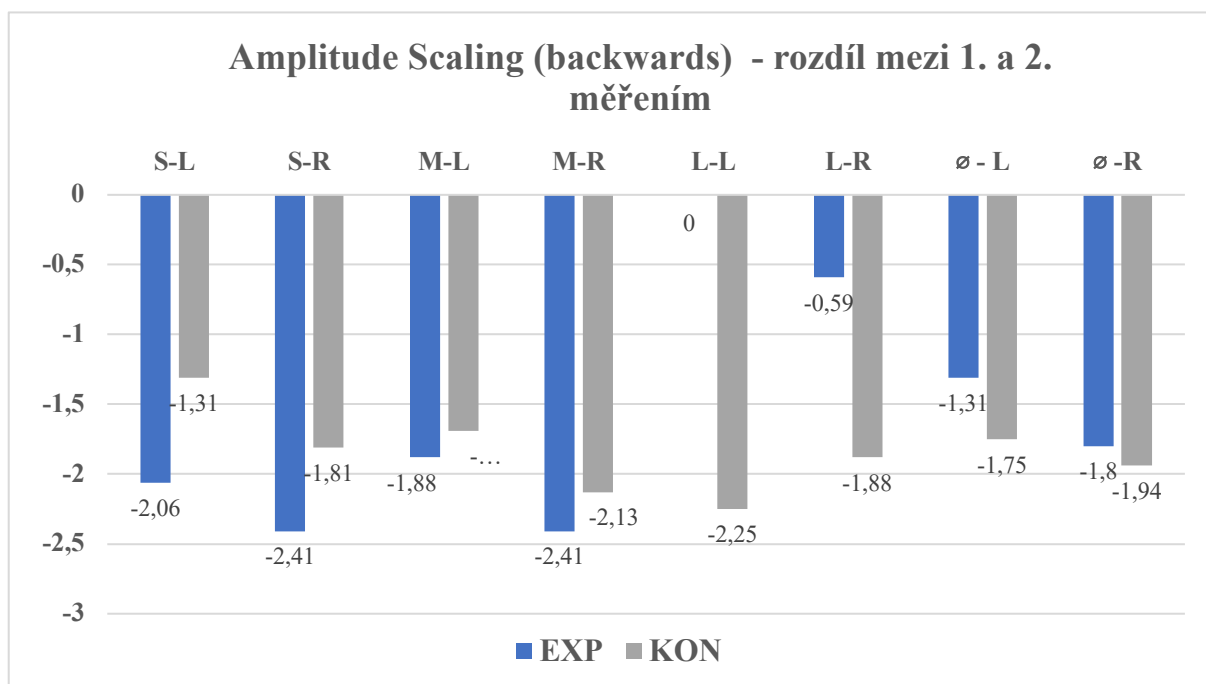
Tabulka 10: MCT – Amplitude Scaling – backwards (průměrné výsledky)

Backwards [N]		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	L-PRE	4,41	1,97	3,75	1,25	-0,52	0,15
	L-POST	2,35	0,90	2,44	1,22		
	rozdíl	-2,06	1,76	-1,31	0,98		
	R-PRE	4,71	3,69	4,31	2,34	-0,22	0,54
	R-POST	2,29	1,23	2,50	1,32		
	rozdíl	-2,41	3,48	-1,81	1,63		
medium	L-PRE	5,82	2,38	6,19	1,63	-0,11	0,76
	L-POST	3,94	1,70	4,50	1,41		
	rozdíl	-1,88	2,27	-1,69	1,04		
	R-PRE	6,18	2,77	6,69	3,72	-0,15	0,69
	R-POST	3,76	1,83	4,56	2,21		
	rozdíl	-2,41	1,65	-2,13	2,26		
large	L-PRE	7,59	4,10	9,13	3,14	1	0,01
	L-POST	7,59	3,18	6,88	2,64		
	rozdíl	0,00	2,61	-2,25	1,79		
	R-PRE	7,59	4,28	8,94	4,83	0,47	0,20
	R-POST	7,00	3,77	7,06	3,03		
	rozdíl	-0,59	2,72	-1,88	2,76		
průměr	L-PRE	5,94	2,40	6,35	1,65	0,38	0,29
	L-POST	4,63	1,64	4,60	1,59		
	rozdíl	-1,31	1,43	-1,75	0,75		
	R-PRE	6,16	3,14	6,65	3,38	0,08	0,84
	R-POST	4,35	2,07	4,71	2,08		
	rozdíl	-1,80	1,75	-1,94	1,81		

Legenda k tabulce: L – levá dolní končetina, R – pravá dolní končetina, PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Při posunech plošiny vzad došlo celkově k málo klinicky významnému většímu zlepšení na LDK u kontrolní skupiny oproti experimentální.

Graf 7: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Amplitude Scaling ve směru translace vzad



Legenda ke grafu: S-L – síla levé DK při malé translaci vzad, S-R – síla pravé DK při malé translaci, M-L – síla levé DK při střední translaci, M-R – síla pravé DK při střední translaci, L-L – síla levé DK při velké translaci, L-R – síla pravé DK při velké translaci, ø-L – průměrná síla levé DK, ø-R – průměrná síla pravé DK, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Pokud se podíváme na jednotlivé velikosti posunů, tak zjistíme, že při malých translacích měla experimentální skupina lepší výsledky než kontrolní na levé (střední KV) i pravé (malá KV) dolní končetině. Naopak u největších posunů plošiny došlo ke klinicky ($d = 1$) i statisticky ($p = 0,01$) významnému výsledku – nedošlo ke změně na LDK u experimentální skupiny, zatímco kontrolní skupina se zlepšila. Na PDK došlo k málo klinicky významnému rozdílu mezi skupinami, a to ve prospěch kontrolní skupiny, která se zlepšila více.

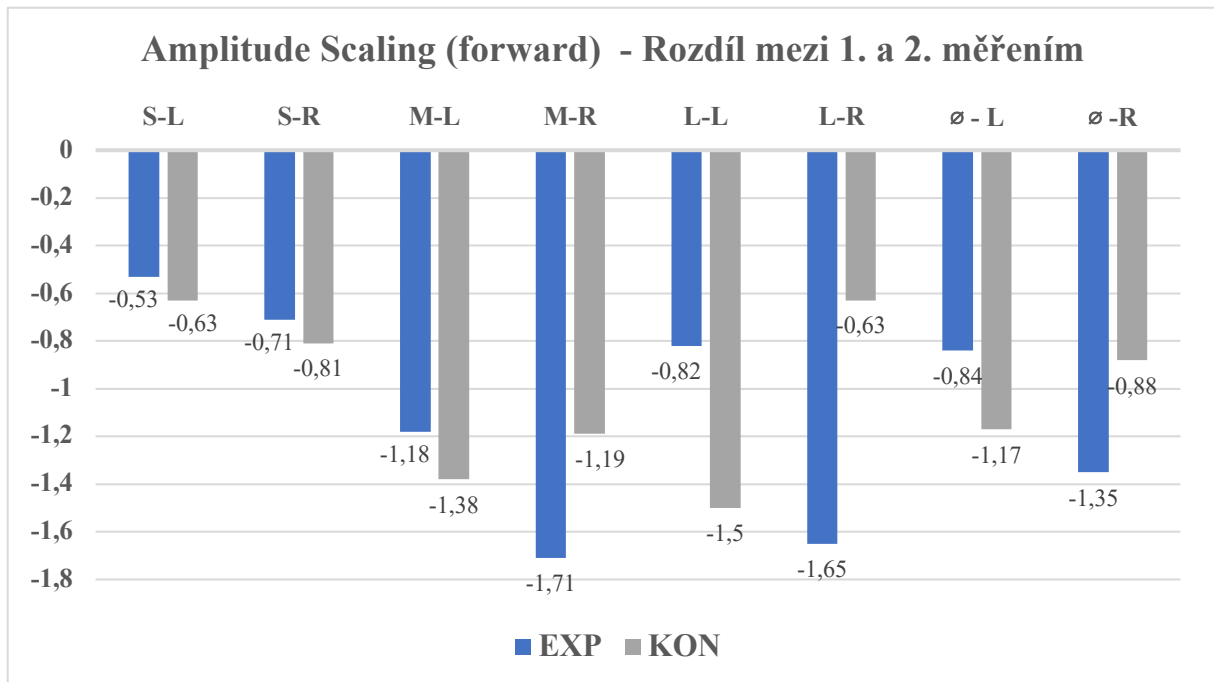
Tabulka 11: MCT – Amplitude Scaling – forward (průměrné výsledky)

Forward [N]		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	L-PRE	2,06	1,16	2,38	0,78	0,10	0,79
	L-POST	1,53	0,70	1,75	1,09		
	rozdíl	-0,53	1,14	-0,63	0,78		
	R-PRE	2,29	1,56	2,69	1,40	0,09	0,80
	R-POST	1,59	0,69	1,88	0,78		
	rozdíl	-0,71	1,49	-0,81	0,81		
medium	L-PRE	5,18	1,72	5,31	2,08	0,10	0,78
	L-POST	4,00	1,57	3,94	1,95		
	rozdíl	-1,18	1,42	-1,38	2,29		
	R-PRE	5,76	2,56	5,63	2,37	<u>-0,28</u>	0,44
	R-POST	4,06	1,73	4,44	1,41		
	rozdíl	-1,71	2,11	-1,19	1,55		
large	L-PRE	7,76	3,26	8,63	2,26	0,34	0,34
	L-POST	6,94	2,82	7,13	2,12		
	rozdíl	-0,82	2,57	-1,50	1,06		
	R-PRE	9,06	4,29	8,31	2,54	<u>-0,45</u>	0,22
	R-POST	7,41	2,14	7,69	2,44		
	rozdíl	-1,65	2,99	-0,63	1,17		
průměr	L-PRE	5,00	1,74	5,44	1,54	0,26	0,48
	L-POST	4,16	1,51	4,27	1,55		
	rozdíl	-0,84	1,37	-1,17	1,14		
	R-PRE	5,71	2,51	5,54	2,00	<u>-0,35</u>	0,33
	R-POST	4,35	1,17	4,67	1,41		
	rozdíl	-1,35	1,74	-0,88	0,82		

Legenda k tabulce: L – levá dolní končetina, R – pravá dolní končetina, PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Při translacích vpřed došlo celkově k lepšímu výsledku u experimentální skupiny na PDK a horšímu na LDK. Čím větší byly translace, tím významnější rozdíly nastávaly mezi skupinami. I tak se ale hladina klinické významnosti u tohoto parametru při posunech plošiny vpřed pohybuje na nízkých úrovních. Statistická významnost nebyla prokázána.

Graf 8: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Amplitude Scaling ve směru translace vpřed



Legenda ke grafu: S-L – síla levé DK při malé translaci vzad, S-R – síla pravé DK při malé translaci, M-L – síla levé DK při střední translaci, M-R – síla pravé DK při střední translaci, L-L – síla levé DK při velké translaci, L-R – síla pravé DK při velké translaci, ø-L – průměrná síla levé DK, ø-R průměrná síla pravé DK, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Hypotéza H2² tak byla vyvrácena. K lepším výsledkům experimentální skupiny totiž došlo jen na pravé dolní končetině při translacích vpřed. Ve směru vzad a na levé dolní končetině v obou směrech byla tato skupina naopak horší než kontrolní.

5.2.3 Weight symmetry

Parametr Weight Symmetry ukazuje na rozložení hmotnosti mezi pravou a levou DK. Rovnoměrné rozložení odpovídá hodnotě 100, větší zatížení pravé DK odpovídá hodnotám větším než 100. Naopak větší zatížení levé DK značí hodnoty pod 100. Pro vyhodnocení tohoto parametru byla vypočtena absolutní hodnota rozdílu od 100 u prvního i druhého měření. Nejlepším možným výsledkem tedy bylo 100 – symetrické rozložení hmotnosti.

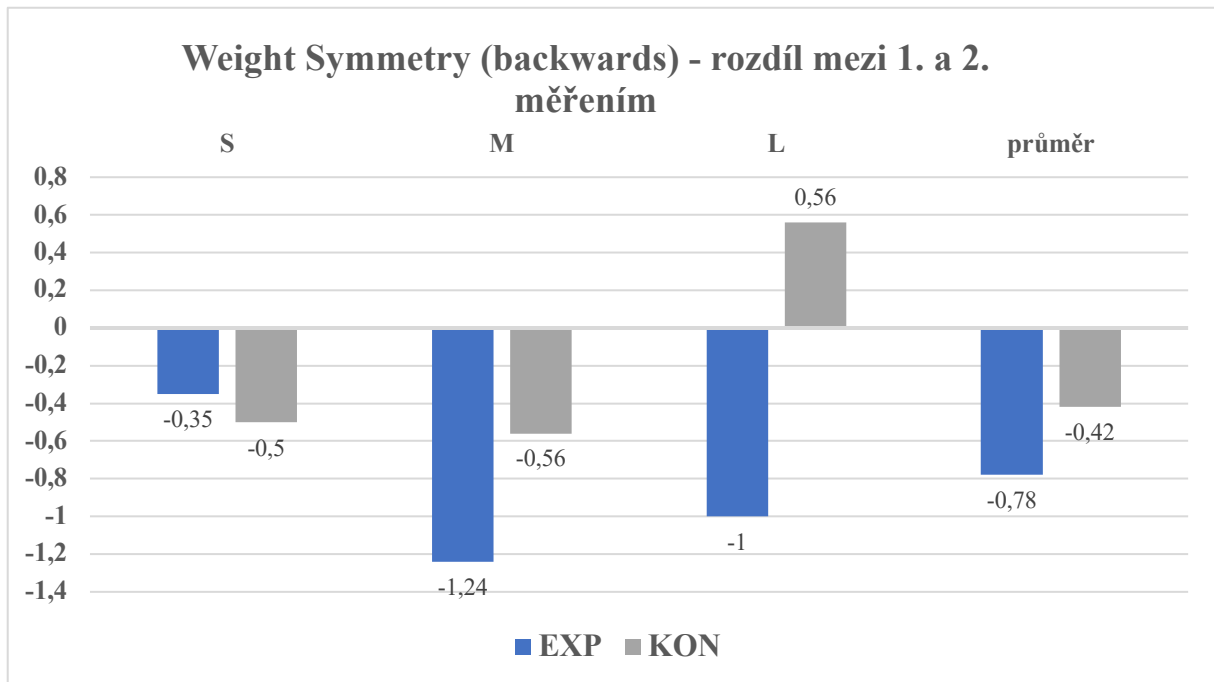
Tabulka 12: MCT – Weight Symmetry – backwards (průměrné výsledky)

Backwards		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	PRE	4,88	5,16	4,69	4,51	0,03	0,94
	POST	4,53	2,61	4,19	3,15		
	rozdíl	-0,35	5,98	-0,50	5,01		
medium	PRE	6,18	4,48	4,31	3,49	-0,14	0,69
	POST	4,94	3,26	3,75	3,34		
	rozdíl	-1,24	5,05	-0,56	4,29		
large	PRE	5,71	5,21	4,06	2,51	-0,37	0,31
	POST	4,71	3,41	4,63	3,84		
	rozdíl	-1,00	4,93	0,56	3,43		
průměr	PRE	5,47	4,83	4,27	3,07	-0,08	0,82
	POST	4,69	2,88	3,85	3,37		
	rozdíl	-0,78	5,11	-0,42	3,50		

Legenda k tabulce: PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Při posunech plošiny vzad se obě skupiny průměrně zlepšily, nedošlo ale k nijak klinicky významnému rozdílu mezi nimi.

Graf 9: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Weight Symmetry ve směru translace vzad



Legenda ke grafu: S – malé translace, M – střední translace, L – velké translace, průměr – průměrná symetrie rozložení hmotnosti při všech výchylkách, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

U malých a středních translací se obě skupiny zlepšily, avšak bez významného rozdílu mezi nimi. Při velkých translacích došlo ke zlepšení experimentální skupiny oproti skupině kontrolní, která se mírně zhoršila. Tento výsledek nabývá mezi malé klinické významnosti.

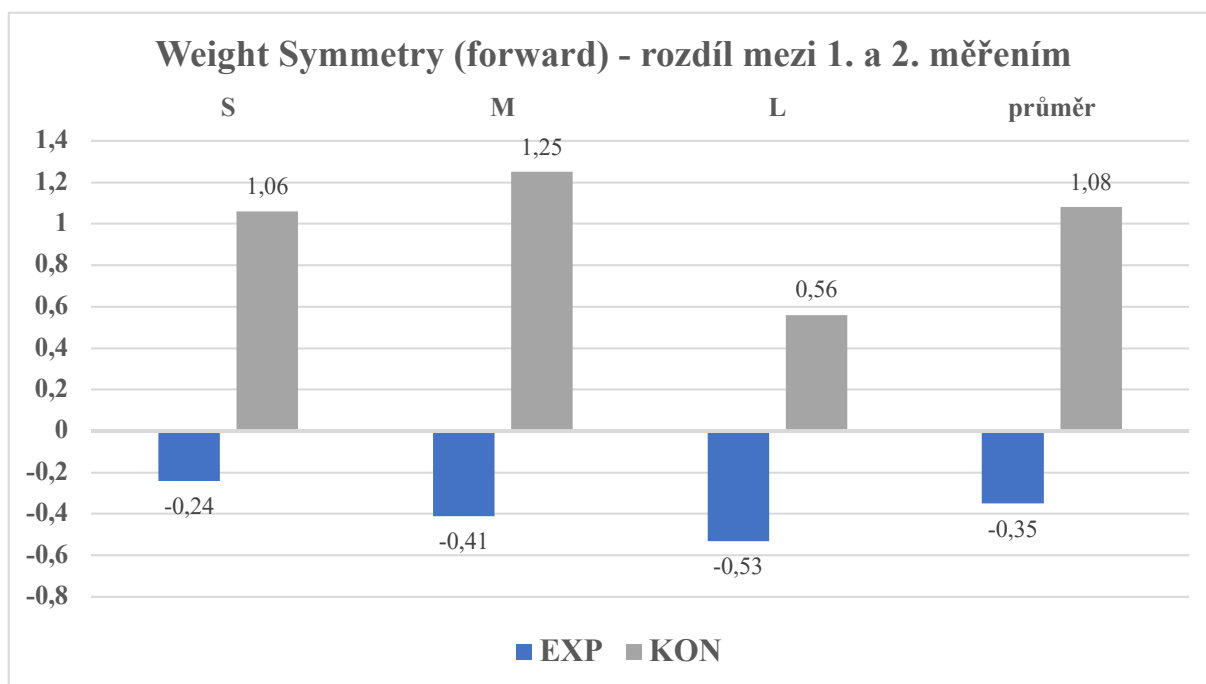
Tabulka 13: MCT – Weight Symmetry – forward (průměrné výsledky)

Forward		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	PRE	5,06	5,00	4,00	3,18	-0,28	0,44
	POST	4,82	4,37	5,06	3,88		
	rozdíl	-0,24	5,13	1,06	4,04		
medium	PRE	5,18	5,07	3,88	2,42	-0,36	0,32
	POST	4,76	4,40	5,13	4,31		
	rozdíl	-0,41	4,63	1,25	4,49		
large	PRE	5,59	4,65	4,44	2,81	-0,24	0,51
	POST	5,06	4,49	5,00	3,97		
	rozdíl	-0,53	4,69	0,56	4,37		
průměr	PRE	5,16	4,88	3,98	2,69	-0,32	0,38
	POST	4,80	4,39	5,06	3,97		
	rozdíl	-0,35	4,77	1,08	4,14		

PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervenci), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Při translacích vzad docházelo průměrně i v každé velikosti translace zvlášť ke zlepšení experimentální skupiny a zhoršení skupiny kontrolní. Rozdíly mezi skupinami ale mají pouze malou klinickou významnost.

Graf 10: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Weight Symmetry ve směru translace vpřed



Legenda ke grafu: S – malé translace, M – střední translace, L – velké translace, průměr – průměrná symetrie rozložení hmotnosti při všech výchylkách, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Hypotéza H2³ tak byla potvrzena. Ve směru posunu vpřed dosahuje rozdíl mezi skupinami malé klinické významnosti, vzad není nijak významný.

5.2.4 Strength symmetry

Parametr Strength Symmetry určuje stranové rozložení síly reakce na translaci plošiny. Stejně jako Weight Symmetry je bezrozměrný. Rovnoměrné rozložení odpovídá hodnotě 100, větší síla reakce pravé DK je znázorněna hodnotami většími než 100. Naopak větší sílu reakce levé DK značí hodnoty pod 100. Pro vyhodnocení tohoto parametru byla vypočtena absolutní hodnota rozdílu od 100 u prvního i druhého měření.

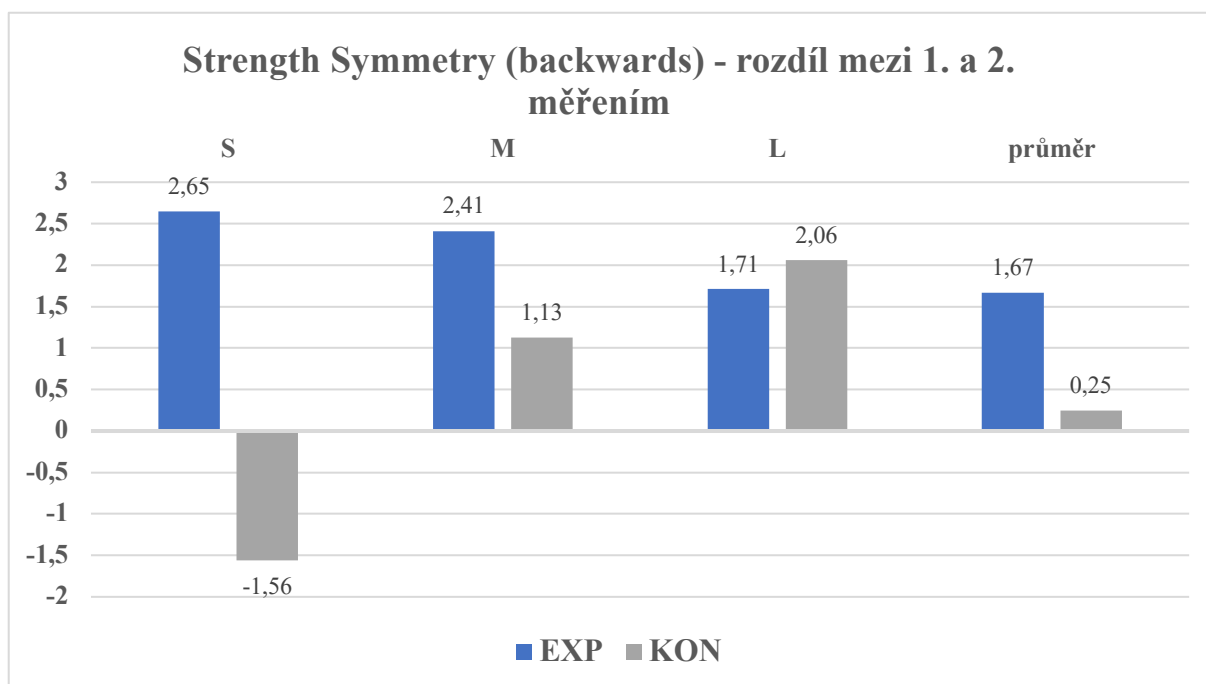
Tabulka 14: MCT – Strength Symmetry – backwards (průměrné výsledky)

Backwards		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	PRE	12,18	10,79	14,50	13,39	0,26	0,48
	POST	14,82	14,13	12,94	17,29		
	rozdíl	2,65	15,08	-1,56	17,73		
medium	PRE	13,29	10,50	13,25	11,87	0,10	0,79
	POST	15,71	12,26	14,38	9,88		
	rozdíl	2,41	15,20	1,13	10,73		
large	PRE	15,35	10,40	13,38	12,76	-0,04	0,92
	POST	17,06	10,95	15,44	11,01		
	rozdíl	1,71	8,77	2,06	10,59		
průměr	PRE	13,22	5,94	13,08	11,54	0,14	0,71
	POST	14,88	9,95	13,33	11,29		
	rozdíl	1,67	9,14	0,25	11,48		

Legenda k tabulce: PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

U posunů plošiny vzad docházelo průměrně ke zhoršení symetrie síly reakce na DKK, experimentální skupina se dokonce zhoršila více než kontrolní, rozdíl ale není nijak významný.

Graf 11: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Strength Symmetry ve směru translace vzad



Legenda ke grafu: S – malé translace, M – střední translace, L – velké translace, průměr – průměrná symetrie rozložení hmotnosti při všech výchylkách, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Pouze u nejmenší translace se kontrolní skupina zlepšila, zatímco experimentální skupina měla méně rovnoměrné rozložení síly reakce na daný posun než při prvním měření. Tento výsledek však má pouze malou klinickou významnost. Ve všech ostatních velikostech posunů došlo vždy ke zhoršení tohoto rozložení, ale rozdíly mezi skupinami nebyly nijak významné.

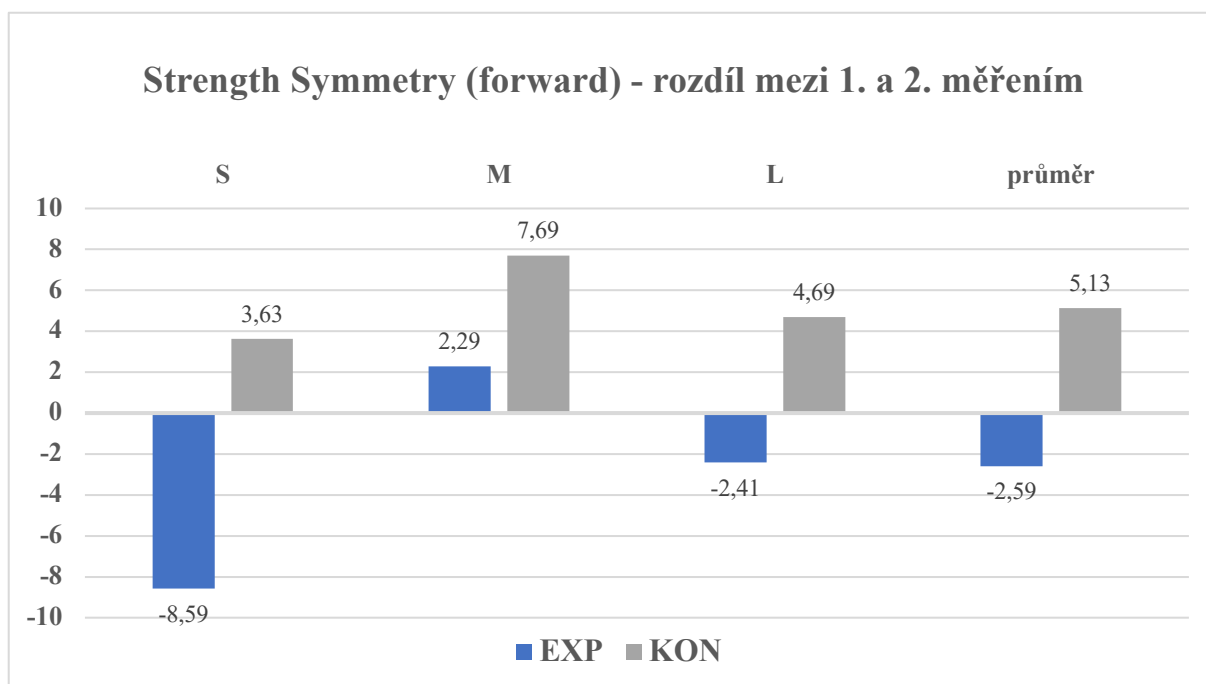
Tabulka 15: MCT – Strength Symmetry – forward (průměrné výsledky)

Forward		EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
		Průměr	SO	Průměr	SO		
small	PRE	19,18	17,41	14,06	18,67	-0,60	0,11
	POST	10,59	13,35	17,69	19,33		
	rozdíl	-8,59	22,91	3,63	17,67		
medium	PRE	9,94	7,78	8,31	9,68	-0,46	0,21
	POST	12,24	12,84	16,00	10,78		
	rozdíl	2,29	11,79	7,69	11,66		
large	PRE	13,12	10,68	6,31	8,41	-0,74	0,05
	POST	10,71	7,95	11,00	9,80		
	rozdíl	-2,41	10,74	4,69	8,28		
průměr	PRE	13,49	7,96	9,56	9,74	-0,79	0,03
	POST	10,90	8,13	14,69	11,30		
	rozdíl	-2,59	10,70	5,13	8,70		

Legenda k tabulce: PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervencí), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Směr posunů vpřed byl, co se výsledků týče, o něco zajímavější. Průměrně došlo k významnému (statisticky i klinicky) rozdílu mezi experimentální a kontrolní skupinou ve prospěch skupiny experimentální. Ta se zlepšila v symetrii rozložení síly reakce o 2,59, zatímco kontrolní skupina se o 5,13 zhoršila.

Graf 12: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Strength Symmetry ve směru translace vpřed



Legenda ke grafu: S – malé translace, M – střední translace, L – velké translace, průměr – průměrná symetrie rozložení hmotnosti při všech výchylkách, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

I v jednotlivých velikostech translací docházelo k lepším výsledkům u experimentální skupiny. Zatímco kontrolní skupina se zhoršila ve všech velikostech posunu plošiny, experimentální se při malých a velkých posunech zlepšila. Rozdíl mezi skupinami nabývá střední klinické významnosti. Při středních translacích se probandi experimentální skupiny zhoršili výrazně méně než skupina kontrolní. Tento rozdíl má pouze malou klinickou významnost.

Hypotéza H2⁴ tak byla vyvrácena, protože nedošlo k lepším výsledkům experimentální skupiny oproti kontrolní v obou směrech translace, nýbrž jen ve směru vpřed.

5.3 Vyhodnocení Adaptation Test

V rámci protokolu Adaptation Test se sleduje pouze parametr Sway Energy Score, který znázorňuje velikost reakční síly, kterou proband vynaloží pro na udržení stability. Tato veličina je bezrozměrná. Průměrné hodnoty (a směrodatné odchylky) každé skupiny ve všech 5 měření (každé měření jiné rychlosti – od nejpomalejší po nejrychlejší) jsou znázorněny v následujících tabulkách a grafech. Hodnoty označené PRE jsou výsledky prvního měření, POST potom po intervenci. Poslední řádky jsou průměrem všech pokusů v rámci dané veličiny. První tabulka s grafem ukazují na náklon plošiny vpřed, druhá vzad.

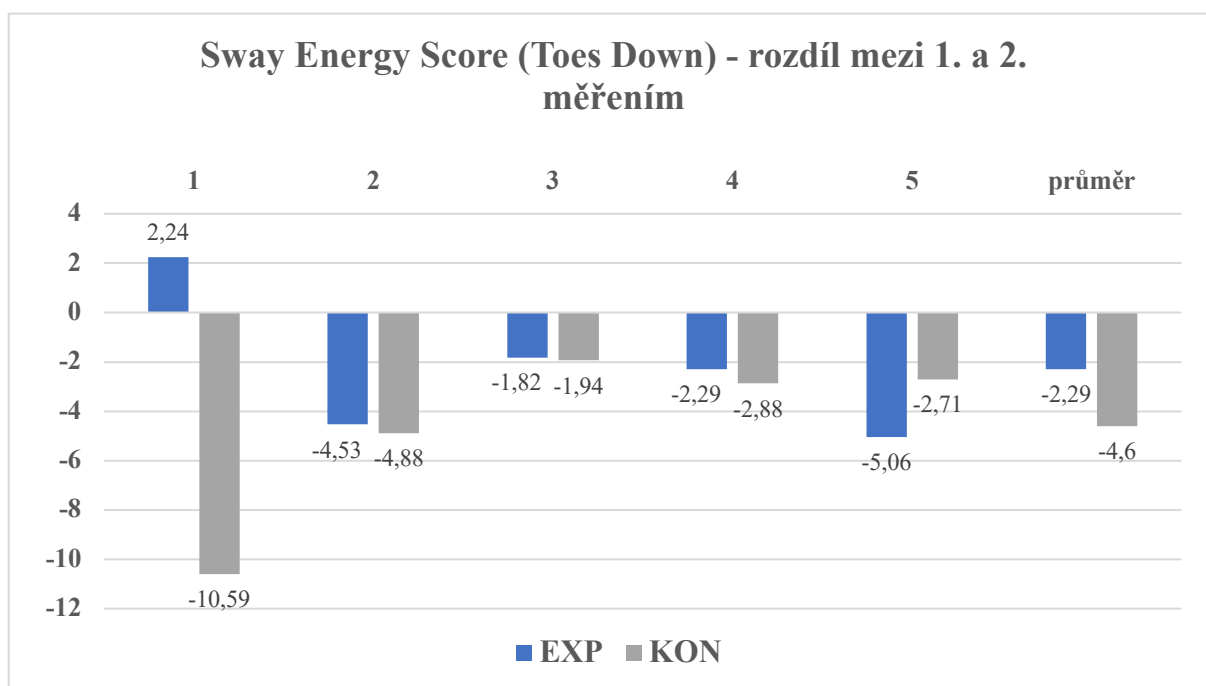
Tabulka 16: ADT – Sway Energy Score– Toes Down (průměrné výsledky)

Toes Down	EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
	průměr	SO	průměr	SO		
1-PRE	52,76	10,47	57,41	13,15	0,93	0,01
1-POST	55,00	22,20	46,82	9,26		
rozdíl	2,24	17,57	-10,59	8,34		
2-PRE	45,94	8,51	45,88	9,41	0,04	0,91
2-POST	41,41	6,18	41,00	6,32		
rozdíl	-4,53	9,17	-4,88	8,11		
3-PRE	42,12	6,61	42,76	8,16	0,02	0,96
3-POST	40,29	6,87	40,82	6,57		
rozdíl	-1,82	7,74	-1,94	5,73		
4-PRE	41,18	6,20	42,06	6,19	0,11	0,76
4-POST	38,88	5,54	39,18	6,54		
rozdíl	-2,29	6,70	-2,88	3,60		
5-PRE	44,47	8,30	40,47	6,72	-0,34	0,35
5-POST	39,41	6,47	37,76	5,50		
rozdíl	-5,06	8,35	-2,71	5,17		
PRE	45,29	5,65	45,72	7,28	0,50	0,17
POST	43,00	6,65	41,12	5,47		
rozdíl	-2,29	5,13	-4,60	3,99		

Legenda k tabulce: 1 – rotace plošiny rychlostí 1, 2 – rotace plošiny rychlostí 2, 3 – rotace plošiny rychlostí 3, 4 – rotace plošiny rychlostí 4, 5 – rotace plošiny rychlostí 5, PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervenci), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Obecně lze z tabulky vyčíst, že při náklonu plošiny vpřed došlo průměrně k horším výsledkům u experimentální skupiny. Tento výsledek je na hranici mezi mírnou a střední klinickou významností.

Graf 13: ADT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Sway Energy ve směru náklonu vpřed (Toes Down)



Legenda ke grafu: 1 – rotace plošiny rychlostí 1, 2 – rotace plošiny rychlostí 2, 3 – rotace plošiny rychlostí 3, 4 – rotace plošiny rychlostí 4, 5 – rotace plošiny rychlostí 5, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Bylo tomu tak i u všech jednotlivých pokusů kromě pátého, kde se experimentální skupina zlepšila o něco více než kontrolní. Zajímavý je výsledek u prvního z měření. Zatímco po 10minutové pauze mezi prvním a 2. měřením došlo u kontrolní skupiny ke zlepšení výsledku, skupina absolvující foam rolling se zhoršila. Tento výsledek má statistickou i vysokou klinickou významnost.

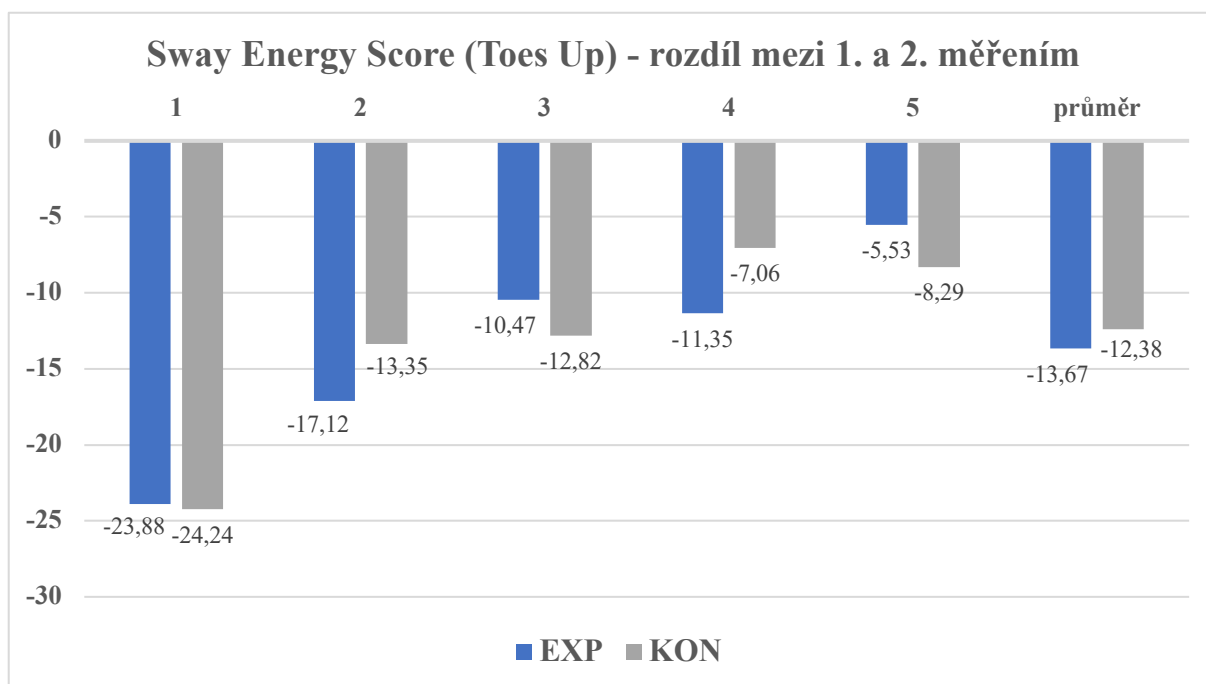
Tabulka 17: ADT – Sway Energy Score– Toes Up (průměrné výsledky)

Toes up	EXP		KON		Cohenovo d	Hodnota p
	průměr	SO	průměr	SO		
1-PRE	87,71	16,31	84,59	33,76	0,01	0,01
1-POST	63,82	9,33	60,35	9,80		
rozdíl	-23,88	14,94	-24,24	33,83		
2-PRE	70,88	18,57	69,82	16,59	<u>-0,29</u>	0,91
2-POST	53,76	8,73	56,47	10,11		
rozdíl	-17,12	14,60	-13,35	11,38		
3-PRE	64,18	14,76	67,53	16,98	0,20	0,96
3-POST	53,71	7,91	54,71	9,60		
rozdíl	-10,47	10,48	-12,82	13,43		
4-PRE	62,06	19,49	60,88	15,44	<u>-0,27</u>	0,76
4-POST	50,71	6,73	53,82	7,41		
rozdíl	-11,35	18,33	-7,06	13,15		
5-PRE	55,76	10,09	58,18	15,13	0,20	0,35
5-POST	50,24	9,35	53,00	9,92		
rozdíl	-5,53	8,66	-8,29	17,38		
PRE	68,12	12,61	68,20	15,01	<u>-0,14</u>	0,17
POST	54,45	7,02	55,82	8,14		
rozdíl	-13,67	8,39	-12,38	10,41		

Legenda k tabulce: 1 – rotace plošiny rychlostí 1, 2 – rotace plošiny rychlostí 2, 3 – rotace plošiny rychlostí 3, 4 – rotace plošiny rychlostí 4, 5 – rotace plošiny rychlostí 5, PRE – první měření (před intervencí), POST – druhé měření (po intervenci), rozdíl – změna mezi 1. a 2. měřením, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina, SO – směrodatná odchylka

Při náklonu plošiny vzad se obě skupiny ve všech pokusech výrazně zlepšily při druhém měření v porovnání s prvním, ale rozdíl mezi nimi nebyl nijak klinicky ani statisticky významný. V prvním měření byl výsledek téměř totožný (bez klinické významnosti), druhé a čtvrté měření bylo celkově lepší u experimentální skupiny, třetí a páté u kontrolní. Všechny tyto výsledky jsou však málo klinicky významné.

Graf 14: ADT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Sway Energy ve směru náklonu vzad (Toes Up)



Legenda ke grafu: 1 – rotace plošiny rychlostí 1, 2 – rotace plošiny rychlostí 2, 3 – rotace plošiny rychlostí 3, 4 – rotace plošiny rychlostí 4, 5 – rotace plošiny rychlostí 5, EXP – experimentální skupina, KON – kontrolní skupina

Hypotéza H3 tak byla vyvrácena, jelikož došlo k lepšímu výsledku u experimentální skupiny pouze při náklonu plošiny vzad (Toes Up) a tento výsledek se nepohyboval v mezích klinické ani statistické významnosti.

5.4 Shrnutí výsledků

V rámci testovacího protokolu Limits of Stability, který jako jediný z vybraných testuje proaktivní posturální stabilitu, došlo k lepším výsledkům po foam rollingu pouze v parametru Maximal Excursion. U ostatních parametrů (Reaction Time, Directional Control a End Point Excursion) dosahovala lepších výsledků skupina kontrolní. Všechny tyto výsledky mají malou nebo žádnou klinickou významnost.

Z testování protokolu Motor Control Test vychází celkově lépe experimentální skupina. Ta dosahovala lepších výsledků s:

- velkou klinickou významností u parametru Composite Score ($p = 0,01$);
- střední klinickou významností u parametrů: Latency ve směru posunu plošiny vpřed (na obou dolních končetinách) a Strength Symmetry při posunu vpřed ($p = 0,03$);
- malou klinickou významností u parametrů: Amplitude Scaling při posunu vpřed (na PDK) a Weight Symmetry při posunu vpřed.

Kontrolní skupina naopak vycházela s lepšími výsledky s:

- malou klinickou významností u parametrů Latency ve směru vzad a Amplitude Scaling ve směru vzad na levé dolní končetině.

V rámci protokolu Adaptation Test vycházelo měření jediného parametru Sway Energy Score lépe pro kontrolní skupinu při náklonu vpřed (Toes Down), kdy došlo k jejímu výraznějšímu zlepšení – a to v mezích střední klinické významnosti. Při náklonu plošiny vzad (Toes Up) se více zlepšila skupina experimentální, avšak bez klinické významnosti.

6 DISKUSE

Cílem této práce bylo zjistit, jaký vliv může mít jednorázové provedení foam rollingu vybraných svalových skupin (lýtkových, ischiokrurálních svalů, iliotibiálního traktu, quadricepsu femoris, malého a středního hýžd'ového svalu a vzpřimovačů páteře) na posturální stabilitu u mladých, zdravých rekreačně sportujících jedinců.

Foam rolling je oblíbenou metodou pro zlepšení sportovního výkonu, regeneraci a rehabilitaci, avšak jeho účinky jsou dosud málo prozkoumané a nejednotné. Celkově se autoři klinických studií (Behm, 2019; Weerapong, 2005; Lastova, 2018; Aboodarda, 2015; Cheatham, 2017, 2018a, 2018b; Vaughan, 2014, Wilke, 2018) a metaanalýz z posledních let přiklánějí spíše k centrálnímu vlivu foam rollingu než k lokálnímu ovlivnění válcovaných tkání.

V posledních letech bylo provedeno mnoho studií, jejichž výsledky naznačují, že zařazování foam rollingu mezi techniky pozitivně ovlivňující adheze fascií (tzv. self-myofascial release) je pravděpodobně mylné. Technika je na to značně plošná a jemná a fascie jsou příliš pevné na to, aby se jejich vlastnosti tímto mechanickým působením daly změnit (Schleip 2003a, 2003b; Chaudry, 2008).

Nicméně foam rolling může přispět k relaxaci svalů, což je způsobeno spíše centrálně, kdy se vlivem působení tlaku na mechanoreceptory snižuje aktivita sympatiku (Lastova 2018).

Foam rolling má prokazatelně vliv na prokrvení válcovaných tkání, rozsah pohybu v okolních kloubech či zvýšení prahu bolesti. Protože byl ale v některých studiích rozsah pohybu i práh bolesti ovlivněn také kontralaterálně (ne pouze na rollované končetině), můžeme efekt opět připisovat spíše centrálním procesům než těm lokálním (Hotfiel, 2017; Okamoto, 2014; Wilke, 2018, 2020; Cheatham, 2015, 2017, 2018a, 2018b; Kalichman, 2017; Kelly, 2016; Aboodarda, 2015; Vaughan 2014).

Co se ovlivnění propriocepce týká, výsledky předchozích studií jsou nejednotné. Většina studií ukazuje na mírně pozitivní okamžitý i dlouhodobý vliv FR na polohocit okolních kloubů i na zmírnění zhoršení propriocepce po sportovním výkonu (Bradbury-Squires, 2015; Cho, 2016; David, 2019; Naderi, 2020; Ozden 2021).

Vědecké studie konzistentně ukazují, že aktivní regenerace přináší lepší výsledky než regenerace pasivní. Avšak pro hlubší pochopení je třeba dalšího zkoumání, které by porovnávalo různé druhy aktivní regenerace, jako je FR, dynamický strečink, neurodynamická mobilizace či výklus (Adamczyk, 2020; Kalén, 2017; Rey, 2019; Romero-Moraleda, 2017; Sadeeq, 2021).

Sportovní výkon pravděpodobně FR neovlivní nebo bude mít mírné pozitivní účinky, které lze přičítat především ovlivnění subjektivnímu vnímání únavy a bolesti (Wiewelhove, 2019; Healey, 2014, Konrad; 2021).

Následující podkapitoly prezentují dosažené výsledky a limitace práce. Výsledky nelze porovnat s jinými studii, protože existuje pouze několik klinických studií, které se zabývají účinky foam rollingu na různé aspekty fyzického zdraví a výkonu. Některé z výzkumů ukazují pozitivní výsledky ve prospěch foam rollingu, jiné dochází ke smíšeným nebo nejednoznačným výsledkům. V odborných elektronických databázích, odborných publikacích a článcích lze nalézt několik studií, které se věnují podobnému tématu, ale nikdo se nezabýval přímo vlivem na posturální stabilitu. Tato pilotní studie tak může sloužit jako námět pro další výzkumy, které se v České republice i celosvětově nevyskytují.

Jelikož se jedná o pilotní studii, jsou výsledky diskutovány v kontextu možných způsobů ovlivnění jednotlivých parametrů v porovnání s aktuálními stanovisky vědy. Pro diskuzi byly vybrány pouze výsledky nabývající mezi alespoň nízké klinické významnosti (Cohenovo $d > 0,2$).

6.1 Diskuse k hypotéze H1

H1¹: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějšímu snížení průměrného času reakční doby (parametr Reaction Time) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

Reakční čas je parametr určující dobu od zaznění zvukového signálu po první motorickou odpověď probanda. Závisí na mnoha faktorech – např. na pohlaví, věku, fyzické zdatnosti, únavě, míře soustředění, užití návykových látek, typu osobnosti, denní době a zdraví jedince. Jinak rychlý čas první reakce může být také u vizuálních podnětů ve srovnání s akustickými. Prodloužená reakční doba ukazuje na snížený výkon (Milin, 2006; Shah, 2010).

Průměrné hodnoty všech směrů parametru Reaction Time (LOS) vycházely lépe pro kontrolní skupinu, která se celkově zlepšila o 0,04 s, zatímco experimentální skupina se zhoršila o 0,02 s. **Hypotéza H1¹ tak byla vyvrácena.**

K významnějším výsledkům docházelo ve směrech vpřed, vpravo, vzad a vlevo. Diagonální směry se neukázaly jako natolik citlivý parametr – skupiny dosahovaly téměř

stejných výsledků bez klinické i statistické významnosti. Následující řádky se věnují pouze přímým směrům.

Jediný lepší výsledek EXP skupiny se ukázal ve směru vpřed, kdy se experimentální skupina zlepšila o 0,13 ms v čase první reakce na signál ukazující na začátek pokusu. Tento výsledek nabývá hodnot malé klinické významnosti. V ostatních směrech se KON skupina v druhém měření zlepšila, zatímco EXP se dokonce zhoršila. Rozdíl mezi skupinami v těchto třech směrech měl střední klinickou významnost. Statistická významnost se nepotvrdila u žádného ze směrů.

Průměrné horší výsledky experimentální skupiny ze všech směrů dohromady by mohlo vysvětlovat celotělové ovlivnění svalového napětí ve směru relaxace, které je navozeno působením na mechanoreceptory (především pomalu se adaptující Ruffiniho tělíska, která reagují zejména na laterální protažení), což prokazatelně snižuje aktivitu sympatiku. Další příčinou celkového zhoršení mohla být únava z foam rollingu a předchozího měření. Naopak kontrolní skupina si mezi měřeními odpočinula, což by vysvětlovalo její průměrné zlepšení (Milin, 2006; Schleip, 2003a).

Většina svalových skupin (3 ze 6) podstupujících intervenci byla součástí povrchové zadní linie – lýtkové svaly, ischiokrurální, erectory spinae, dvě sv. skupiny byly součástí laterální linie – iliotibiální trakt a gluteus medius a minimus a pouze m. quadriceps femoris je částí přední linie. Vzhledem k tomuto nerovnoměrnému rozložení mohlo na dorzální a laterálních stranách těla dojít k většímu prokrvení těchto tkání (vlivem zvýšeného vyplavování NO buňkami endotelu), a tím ke svalové relaxaci, která vyústila v horší reakční čas při pohybech ve směrech kontrakce svalů zadního řetězce a laterální linie – tzn. směr vzad a do stran. (Myers, 2014; Buchwalow, 2002; Hotfiel, 2017; Lastova, 2018; Okamoto, 2014).

HI²: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějšímu průměrnému zlepšení parametru End Point Excursion u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

HI⁴: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějšímu průměrnému zlepšení parametru Directional Control u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

End Point Excursion (EPE) hodnotí vzdálenost COG od cílového bodu při skončení pokusu. Directional Control určuje přesnost zamíření cíle. Oba parametry závisí především na úrovni propriocepce (přesnost zaměření cíle) a také na rozsahu pohybu. Průměrné hodnoty všech pokusů se u obou skupin zlepšily. Větší zlepšení nastalo v obou případech u skupiny

kontrolní, v případě EPE nenabývá však hodnot klinické ani statistické významnosti. U Directional Control je na hranici žádné až malé klinické významnosti. **Hypotézy H1² a H1⁴ tak byly tímto vyvráceny.**

Experimentální skupina dosahovala v rámci parametru EPE lepších výsledků s klinickou významností ve směru šikmo vpravo vpřed a vpravo. Ve směrech vlevo a šikmo vlevo vpřed bylo zlepšení kontrolní skupiny výraznější. Ke zhoršení skupiny experimentální a zlepšení kontrolní došlo ve směru vpřed. Klinicky významný rozdíl (střední úrovně) ve prospěch kontrolní skupiny byl pozorován ve směrech vzad a šikmo vpravo vzad.

Zajímavé je, že se jako citlivější parametry ukázaly směry vpřed, šikmo vpravo vpřed, vpravo, šikmo vpravo vzad a vzad. Směry obsahující složku mířící doleva nevykazovaly žádnou klinickou ani statistickou významnost. Výzkumu se účastnilo více probandů s odrazovou (stojnou) PDK, což by teoreticky mohlo mít souvislost s těmito výsledky. Také byla PDK první rolovanou, tzn. koncentrace na kvalitu provedení mohla být vyšší a tím pádem intervence efektivnější.

Když se podíváme podrobněji na jednotlivé výsledky směrů v rámci parametru Directional Control, jediný směr vycházející významně lépe pro experimentální skupinu byl směr vpravo. Významně horší pro experimentální skupinu byly naopak šikmé směry vpravo i vlevo vpřed. V těchto směrech se EXP skupina průměrně zhoršila, zatímco u probandů kontrolní skupiny došlo průměrně ke zlepšení. Co se jednotlivých směrů týká, výsledky jsou tedy velmi nejednotné, a to jak v rámci porovnání EXP a KON skupiny, tak co se týká zlepšení/zhoršení v rámci jedné skupiny. Experimentální skupina se zhoršila ve 4 směrech a zlepšila také ve 4, kontrolní měření vycházela v poměru 6:2 (zlepšení:zhoršení). Obě skupiny se zhoršily ve směrech vpřed a vzad.

Obecně tedy z výsledků měření vychází oba tyto parametry jako nepříliš relevantní, jelikož průměrný výsledek nenabývá nijak významných hodnot a výsledky jsou v rámci jednotlivých směrů velmi nekonzistentní.

H1³: V rámci protokolu Limits of Stability dojde k výraznějšímu průměrnému zvýšení parametru Maximal Excursion u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

Parametr Maximal Excursion je jedním z nejzajímavějších, co se výsledků Limits of Stability týká. Experimentální skupina se v rámci tohoto parametru průměrně zlepšila, zatímco

kontrolní se mírně zhoršila. **Hypotéza H1³ tak byla potvrzena.** Klinická významnost tohoto výsledku nabývá ale pouze malých hodnot.

Když se podíváme na jednotlivé směry zvláště, je zajímavé, že jediným směrem, ve kterém vychází experimentální skupina podstatně hůře, je směr vpřed. V ostatních směrech došlo k významně lepším výsledkům u experimentální skupiny nebo byly mezi skupinami pouze zanedbatelné rozdíly (směr šikmo vpravo vzad a vzad). Ve směru šikmo vlevo vpřed dokonce došlo ke statisticky významnému zlepšení experimentální skupiny. Tyto výsledky by korespondovaly s tím, že FR zvětšuje rozsah pohybu v okolních kloubech.

Dalo by se očekávat, že se vzhledem k dokázanému účinku FR na rozsah pohybu zvýší schopnost dorzální flexe a tím maximální dosah ve směru vpřed. Výsledky to ale rozporují. Mohlo by to souviset s tím, že se sice zvýšil pasivní rozsah, avšak aktivní schopnost se v tomto nově nabytém rozsahu pohybovat se nevětšila. Ve studiích zabývajících se vlivem FR na rozsah pohybu totiž byl vždy zkoumán pouze pasivní rozsah nikoli jeho aktivní komponenta (Wilke, 2020; Kelly, 2016).

6.2 Diskuse k hypotéze H2

H2¹: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k výraznějšímu průměrnému snížení času první reakce (parametr Latency – Composite Score) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2²: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k výraznějšímu průměrnému snížení potřebné síly pro ustálení rovnovážné polohy (parametr Amplitude Scaling) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2³: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k průměrnému zvýšení symetrie rozložení hmotnosti snížení (parametr Weight Symmetry) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

H2⁴: V rámci protokolu Motor Control Test dojde k průměrnému zvýšení stranové symetrie síly vynaložené k udržení stability (parametr Strength Symmetry) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

Testovací protokol Motor Control Test se po zpracování výsledků ukázal jako nejvíce určující, a to z důvodu, že ve všech sledovaných parametrech docházelo k podobným výsledkům v rámci porovnání obou skupin. Při testování posunů plošiny vpřed dosahovala ve

všech parametrech experimentální skupina významně větších zlepšení minimálně na pravé DK (parametr Amplitude Scaling, u ostatních na obou DKK), zatímco při posunu vzad docházelo ke srovnatelným výsledkům obou skupin (bez klinické významnosti) nebo k mírně lepším výsledkům kontrolní skupiny (malé klinické významnosti).

Jediný parametr Composite Score, který vypovídá o průměrné latenci první reakce v obou směrech posunu plošiny dohromady dosahoval průkazně lepších výsledků u experimentální skupiny. Tento výsledek nabývá vysoké klinické i statistické významnosti a **potvrzuje tak hypotézu H2¹. Všechny ostatní hypotézy (H2², H2³ a H2⁴) byly vyvráceny**, protože nedošlo ke zlepšení v obou směrech, ale pouze ve směru posunu plošiny vpřed.

Hlavním vysvětlením lepších výsledků experimentální skupiny ve směru vpřed by mohlo opět být rozložení rollovaných svalů v rámci svalových řetězců. A to proto, že zde byl nejvíce zastoupen zadní řetězec a ve studiích bylo dokázáno, že foam rolling zvyšuje neuromuskulární efektivitu válcovaných svalů a zároveň dokáže zvýšit maximální volní kontrakci (Halperin, 2014). Vědci si stále nejsou jistí, proč se tomu tak děje. Ke zlepšení propriocepce ale rozhodně docházelo v rámci regenerace při využití válce, proto lze předpokládat, že i bez DOMS po výkonu by tomu mohlo být podobně (Naderi, 2020).

Zatímco u parametru Reaction Time v rámci LOS došlo průměrně k horším výsledkům experimentální skupiny malé klinické významnosti, Latence (Composite Score) při MCT ukazovala na opačný výsledek – statisticky i vysoce klinicky významný. Tyto dva parametry jsou si podobné, proto je rozdílnost výsledků poměrně neočekávaná. Rozdíl bude pravděpodobně způsoben tím, že LOS testuje proaktivní posturální stabilitu, zatímco MCT reaktivní složku posturální stability.

Ve sportu by tak mohlo stát za uvažovou, zda foam rolling využívat před výkonem např. u sprinterů nebo plavců, kteří musí co nejrychleji zareagovat na startovní výstřel. Naopak u sportovců provozujících kontaktní sporty by mohl mít větší benefit, protože by teoreticky mohli rychleji a precizněji reagovat na neočekávané výchyly rovnováhy. Tyto výsledky jsou však v rozporu s předchozími studiemi, ve kterých se ukázal foam rolling jako rychlost sprintu zlepšující. Silové schopnosti a výška výskoku zůstaly ve většině studií bez významného rozdílu nebo se mírně zlepšily (Wiewelhove, 2019). Reaktivní posturální stabilitu ve spojitosti s foam rollingem nebo jinou z technik SMR však prozatím žádná studie nezkoumala.

Také stojí za povšimnutí průměrně kratší čas první reakce při posunu vzad oproti posunu vpřed, a to jak u prvního, tak u druhého měření. To by pravděpodobně mohlo souviset s tím, že

je pohyb vpřed (a tím pádem těžiště posunuté mírně vpřed) lidem daleko více vlastní než pohyb vzad. Díky tomu jsme v tomto směru vnímavější na jakékoli výchylky, abychom zabránili pádu.

Druhým parametrem se statisticky významným výsledkem ($p = 0,03$) ve prospěch experimentální skupiny bylo Strength Symmetry, které ukazuje na rovnoměrnost rozložení silové odpovědi na vychýlení. Z výsledků je patrné, že se experimentální skupina v druhém měření při posunu plošiny vpřed přiblížila k hodnotě 100 o 2,59, zatímco skupina kontrolní se vzdálila o 5,13. Hodnota 100 značí perfektně rovnoměrné rozložení síly reakce na posun plošiny. Opět ale nedošlo k významným výsledkům ve směru posunu plošiny vzad.

V rámci vlivu FR na propriocepci byly zatím zkoumány především vlivy na polohocit vnímaný pomocí kloubních receptorů (David, 2019). Výsledky této práce naznačují, že by FR mohl mít vliv také na vnímání síly, za což jsou zodpovědná Golgiho šlachová tělíska. Pro potvrzení této domněnky by však byly potřeba další studie, protože parametr Strength Symmetry ukazuje pouze na symetrii rozložení sil ne o absolutní hodnoty potřebné síly k udržení stability.

6.3 Diskuse k hypotéze H3

H3: V rámci protokolu Adaptation test dojde k výraznějšímu snížení potřebné síly pro udržení stability (parametr Sway Energy Score) u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

Po vyhodnocení testovacího protokolu Adaptation Test bylo zjištěno, že průměrná reakční síla nutná pro udržení stability se mírně zlepšila při náklonu plošiny špičkami chodidel nahoru. Tento výsledek však není nijak významný. **Hypotéza H3 tak byla vyvrácena.**

Naopak ve směru náklonu špičkami dolů došlo k horším výsledkům experimentální skupiny, která se sice zlepšila, ovšem v porovnání s kontrolní skupinou výrazně méně. Výsledek nabývá střední klinické významnosti. Průměrná hodnota je ale velmi ovlivněna prvním pokusem, kdy došlo dokonce ke statisticky významnému zhoršení experimentální skupiny v porovnání s kontrolní. To lze přičítat snížené koncentraci a únavě probandů, kteří prováděli foam rolling, při změně směru náklonu plošiny. Ostatní rozdíly byly zanedbatelné či málo klinicky významné.

V tomto případě by šlo polemizovat o zhoršené schopnosti vnímání síly u rolovaných svalových skupin (opět vzhledem k rozložení do linií) – a to především m. triceps surae, u

kterého mohlo dojít ke snížení svalového napětí a tím snížení dráždivosti. To mohlo zapříčinit sníženou reakční dobu a výraznější vychýlení COG, proto při posunu plošiny špičkami dolů musela být vynaložena větší síla než v prvním měření u experimentální skupiny.

Při posunu plošiny špičkami nahoru tak výsledky vycházely lépe ve prospěch experimentální skupiny pravděpodobně proto, že tonus m. tibialis anterior byl zachován, protože přední strana bérce nebyla součástí rolovaných svalových skupin. Když k tomu připočteme pravděpodobné zvýšení rozsahu pohybu do dorzální flexe (díky relaxaci m. triceps surae), tak mohla nastat lepší tolerance k náklonu plošiny špičkami nahoru a tím pádem menšímu vychýlení COG. Pro udržení stability tak byla zapotřebí menší síla.

I v tomto případě dochází k rozporu s výsledky protokolu Motor Control Test, kde naopak docházelo k lepším hodnotám u experimentální skupiny při výchylkách plošiny vpřed, které by měly biomechanicky více odpovídat náklonu plošiny vpřed (Toes Down). Žádná z hodnot MCT ale neukazuje na velikost reakční síly na rozdíl od Sway Energy Score, pouze na symetrii rozložení síly.

Testovací protokol Adaptation Test s jedním parametrem Sway Energy Score lze považovat za málo určující z toho důvodu, že rozporuje výsledky Motor Control Test, ve kterém docházelo ke konzistentním výsledkům v rámci porovnání skupin, a hlavně kvůli tomu, že je významnost výsledků při náklonu plošiny vpřed výrazně ovlivněna prvním pokusem, kde byla při druhém měření u experimentální skupiny při výsledku 55 směrodatná odchylka ± 22 , což ukazuje na výrazné rozdíly mezi jednotlivými probandy.

6.4 Diskuse k limitům práce

Každá studie skýtá jisté limitace, které je vhodné uvést na pravou míru. Rozporuplné výsledky při porovnání jednotlivých testovacích protokolů v rámci experimentální části této diplomové práce mohlo ovlivnit několik faktorů.

Hlavní nevýhodou a slabinou studie je jednoznačně testování malého vzorku, díky čemuž se nedají dělat všeobecné závěry. Tato práce by ale mohla být podkladem pro další výzkumy obsahující větší počet probandů, na jejichž základě by se daly závěry objektivizovat.

Všem probandům byla zajištěna totožnost podmínek maximální možnou měrou. Ne všechny rizikové faktory však šlo kompletně vyloučit. Mezi tyto faktory se řadí hlavně denní doba, datum měření a teplota v místnosti. Denní doba a datum měření byly totiž přizpůsobeny

časovým možnostem probandů, kteří šli do experimentu zcela dobrovolně a bez jakéhokoli ocenění za účast. Měření probíhalo v průběhu června 2022 a v dopoledních hodinách bylo v Kineziologické laboratoři výrazně chladněji než odpoledne a navečer. Dále se mezi tyto faktory řadí také míra spánku probandů v předchozích dnech, vyčerpanost organismu, sportovní aktivita předchozích dní, cirkadiánní rytmus apod.

Přístrojové měření pomocí NeuroCom Smart EquiTest a jednotlivé testovací protokoly jsou většinou autorů shledávány jako vysoce reliabilní i validní, upozorňují však na faktor motorického učení při opakovaném měření. Vliv motorického učení v této práci jistě může hrát také svou roli. Vzhledem k tomu, že byli probandi randomizovaně rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny a testováni dvakrát v podobném časovém rozmezí, mělo by motorické učení podobnou hrát podobně velkou rolu u obou skupin a nemělo by tak příliš ovlivnit výsledky testování.

Ačkoli byli všichni probandi instruováni k provádění foam rollingu stejným způsobem, ve stejných pozicích a po stejně dlouhou dobu, nešlo ovlivnit míru přenesené hmotnosti na roller. Rychlost rolování také nebyla nijak ošetřena, což autorka diplomové práce zpětně spatřuje jako nedostatek, který se dal lehce vyřešit pomocí metronomu. Současné studie se ale stejně neshodují na ideální rychlosti provedení, tudíž by bylo obtížné určit vhodné tempo.

Tato diplomová práce zkoumá vliv válcování několika svalových skupin v rámci jedné intervence. Je tomu tak proto, že před výkonem většina sportovců provádí FR celého těla (nejčastěji právě svalových skupin vybraných pro účely této studie), a cílem této práce bylo určení efektu tohoto druhu „warm-upu“ jako efektivního pro zlepšení nebo alespoň udržení stejné míry posturální stability, aby nebyl negativně ovlivněn sportovní výkon. Další studie by se určitě měly zaměřit na efekt foam rollingu každé svalové skupiny zvlášť na dynamickou posturální stabilitu a vzájemně je porovnat, což by mohlo podrobněji objasnit aktuálně nevysvětlitelné rozdíly mezi skupinami v rámci konkrétních protokolů. Také by bylo dobré se zaměřit na rozdílnost výsledků u mužů a žen a rozlišit probandy provozující konkrétní druhy sportu (např. atletika, míčové sporty, bojové sporty, fitness).

Zároveň by bylo vhodné zopakovat měření posturální stability s časovým odstupem od provedení foam rollingu, kdy by výsledky mohly být více určující. Na podobné téma již byla provedena pilotní studie minulý rok na Prešovské univerzitě (Gajdoš, 2022), kde zkoumali vliv myofasciální terapie subokcipitálních svalů na posturální stabilitu. Výsledky ihned po terapii ukazovaly na zhoršení, po jedné hodině od terapie však docházelo k průkaznému zlepšení.

Obecně je třeba provést další výzkumy, aby se lépe pochopily dlouhodobé účinky této techniky a její optimální zařazení do cvičebních programů. Je také důležité provádět foam rolling správně a dodržovat pokyny o intenzitě, frekvenci a trvání, aby byl tento nástroj co nejúčinnější a bezpečný.

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se věnuje tématu posturální stability a jednou z technik tzv. self-myofascial release – foam rollingem. Cílem bylo prokázat vliv jednorázové intervence vybraných svalových skupin na posturální stabilitu u mladé zdravé sportující populace měřenou pomocí přístroje Neurocom SMART Equitest.

V rámci teoretické části byla prozkoumána dostupná literatura k tématu foam rollingu s důrazem na možnosti účinku a důkazům efektivity této metody na různé varianty ovlivnění pohybového aparátu. Je prokázán vliv na celkovou svalovou relaxaci ve smyslu snížení aktivity sympatiku, čímž dochází ke zvýšení rozsahu pohybu či zvýšení prahu bolesti. Také je prokázáno zlepšení polohocitu v okolních kloubech či zmírnění zhoršení propriocepce po výkonu. Naopak je velmi nepravděpodobné, že by díky mechanickému působení rolleru docházelo k ovlivnění fasciálních adhezí.

V poslední kapitole teoretické části je stručně popsána posturální stabilita, faktory, které ji ovlivňují a možnosti jejího testování včetně popisu přístroje NeuroCom Smart EquiTest. Konkrétně pak byly představeny jednotlivé testovací protokoly a parametry v nich měřené, pomocí nichž byla v experimentální části měřena posturální stabilita (konkrétně Motor Control Test, Adaptation Test a Limits of Stability).

Praktická část práce zahrnovala popis výběru probandů s jejich základními charakteristikami a jejich randomizované rozdělení do kontrolní a experimentální skupiny. Všem probandům byla dvakrát změřena posturální stabilita v rozmezí deseti minut. Během těchto 10 minut provedla experimentální skupina foam rolling vybraných svalových skupin, zatímco kontrolní skupina odpočívala. Cílem práce bylo zjistit, zda má foam rolling vybraných svalových skupin u mladé sportující populace výraznější okamžitý efekt na zlepšení posturální stability v porovnání s kontrolní skupinou.

Průměrné hodnoty jednotlivých parametrů změřených v rámci testování jsou podrobně popsány v kapitole Výsledky. Většina hypotéz byla vyvrácena, pouze 2 hypotézy byly potvrzeny. Hypotéza H2¹ byla potvrzena díky statisticky i klinicky významnému zlepšení rychlosti první motorické odpovědi (Composite Score) na vychýlení plošiny v rámci testovacího protokolu Motor Control Test. Další potvrzenou byla hypotéza H1³, protože došlo k výraznějšímu zvětšení průměrné maximální dosažené vzdálenosti COG (Maximal Excursion) v rámci Limits of Stability u experimentální skupiny oproti skupině kontrolní (malá klinická významnost). Zajímavé jsou i dílčí výsledky, které sice nestačí k potvrzení hypotézy, ale mají

střední klinickou i statistickou významnost – konkrétně zlepšení parametru Strength Symmetry v MCT při posunech plošiny vpřed. Jediný parametr vycházející výrazně hůře pro experimentální skupinu (minimálně střední klinické významnosti) bylo Sway Energy Score (ADT) při náklonu plošiny špičkami chodidel dolů. Všechny ostatní parametry byly v rámci porovnání skupin na hladině malé nebo žádné klinické významnosti. Jako nejvíce průkazný se ukázal testovací protokol Motor Control Test, kde celkově vycházely výsledky lépe pro experimentální skupinu. Bylo tomu tak ale pouze u posunu plošiny vpřed.

Přínos této studie může spočívat v tom, že byl prokázán pozitivní vliv foam rollingu na alespoň některé parametry v rámci měření posturální stability. Ač jsou výsledky poměrně nejednoznačné, dá se z nich minimálně usoudit na neutrální vliv foam rollingu na dynamickou posturální stabilitu. Proto by zařazení foam rollingu do warm-upu před sportovním výkonem nemělo být kontraproduktivní, ale zároveň pravděpodobně nepřinese velké benefity. Využívat by jej tak mohli pouze sportovci, kterým subjektivně vyhovuje.

Pro další výzkumy související s tímto tématem by bylo vhodné pracovat s početnějším zkoumaným vzorkem, díky čemuž by výsledky měly větší váhu. Zároveň by se nabízelo změřit posturální stabilitu ještě jednou s větším odstupem od intervence (ideálně v trvání kolem 60 minut) či zopakovat měření po foam rollingu každé svalové skupiny zvlášť, což by mohlo objasnit nejednoznačnost výsledků a pomoci určit, které svalové skupiny by bylo vhodné v rámci rozcvičky vyrolovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. 5 Best Self Myofascial Release Tools You Need In Your Life. Healthy Gym Habits [online]. 2023 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://healthygymhabits.com/health/self-myofascial-release-tools/>
2. ABOODARDA, SJ, AJ SPENCE a Duane C. BUTTON, 2015. Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. BMC Musculoskeletal Disorders [online]. 16(1) [cit. 2022-02-27]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: doi:10.1186/s12891-015-0729-5
3. ABUTALEB, Enas ELSayed Mohamed, 2016. Effect of Shoulder Side Pack on Dynamic Postural Stability in Young Healthy Female. International Journal of Physiotherapy [online]. 3(3), 252-257 [cit. 2022-08-12]. ISSN 2348-8336. Dostupné z: doi:10.15621/ijphy/2016/v3i3/100820
4. ADAMCZYK, Jakub Grzegorz, Karol GRYKO, Dariusz BOGUSZEWSKI a Kelly NAUGLE, 2020. Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention?. PLOS ONE [online]. 15(6) [cit. 2022-07-28]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0235195
5. ADAMCZYK, Jakub Grzegorz, Karol GRYKO, Dariusz BOGUSZEWSKI a Kelly NAUGLE, 2020. Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention?. PLOS ONE [online]. 15(6) [cit. 2022-01-18]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0235195
6. ADSTRUM, Sue, Gil HEDLEY, Robert SCHLEIP, Carla STECCO a Can A. YUCESYOY, 2017. Defining the fascial system. Journal of Bodywork and Movement Therapies [online]. 21(1), 173-177 [cit. 2022-01-19]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2016.11.003
7. ÁNGYÁN, L., T. TÉCZELY a Z. ÁNGYÁN, 2007. Factors affecting postural stability of healthy young adults. Acta Physiologica Hungarica [online]. 94(4), 289-299 [cit. 2022-08-14]. ISSN 0231-424X. Dostupné z: doi:10.1556/APhysiol.94.2007.4.1
8. BEHM, David G. a Jan WILKE, 2019. Do Self-Myofascial Release Devices Release Myofascia? Rolling Mechanisms: A Narrative Review. Sports Medicine [online]. 49(8), 1173-1181 [cit. 2022-06-05]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-019-01149-y
9. BENETAZZO, L., A. BIZZEGO, R. DE CARO, G. FRIGO, D. GUIDOLIN a C. STECCO, 2011. 3D reconstruction of the crural and thoracolumbar fasciae. Surgical and Radiologic

- Anatomy [online]. 33(10), 855-862 [cit. 2022-04-26]. ISSN 0930-1038. Dostupné z: doi:10.1007/s00276-010-0757-7
10. BIZOVSKÁ, Lucia, Miroslav JANURA, Marcela MÍKOVÁ a Zdeněk SVOBODA, 2017. Rovnováha a možnosti jejího hodnocení. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5259-3.
 11. BOYLE, Michael, 2021. Nový funkční trénink pro sporty. Přeložil Petra NAGYOVÁ. Šamorín: Zelený kocúr. ISBN 978-80-89761-80-7.
 12. BRADBURY-SQUIRES, David J., Jennifer C. NOFTALL, Kathleen M. SULLIVAN, David G. BEHM, Kevin E. POWER a Duane C. BUTTON, 2015. Roller-Massager Application to the Quadriceps and Knee-Joint Range of Motion and Neuromuscular Efficiency During a Lunge. Journal of Athletic Training [online]. 50(2), 133-140 [cit. 2022-07-05]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-49.5.03
 13. BUCHWALOW, Igor B., Thomas PODZUWEIT, Werner BÖCKER, et al., 2002. Vascular smooth muscle and nitric oxide synthase. The FASEB Journal [online]. 16(6), 500-508 [cit. 2022-02-24]. ISSN 0892-6638. Dostupné z: doi:10.1096/fj.01-0842com
 14. CARINI, Francesco, Margherita MAZZOLA a et al, 2017. Posture and posturology, anatomical and physiological profiles: overview and current state of art. Acta Biomedica [online]. 88(1), 11-16 [cit. 2022-08-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6166197/>
 15. CAVANAUGH, Mark T., Saied Jalal ABOODARDA, Daniel D. HODGSON a David G. BEHM, 2017. Foam Rolling of Quadriceps Decreases Biceps Femoris Activation. Journal of Strength and Conditioning Research [online]. 31(8), 2238-2245 [cit. 2022-02-27]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000001625
 16. ČECH, Zdeněk, 2021. Fascie (přednáška z předmětu Speciální kineziologie) [ústní sdělení]. Praha, 1.3.2021.
 17. CHAUDHRY, Hans, Bruce BUKIET, Zhiming JI a Thomas FINDLEY, 2011. Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods—A brief review. Journal of Bodywork and Movement Therapies [online]. 15(1), 82-91 [cit. 2022-08-12]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2008.03.003
 18. CHAUDHRY, Hans, Robert SCHLEIP, Zhiming JI, Bruce BUKIET, Miriam MANEY a Thomas FINDLEY, 2008. Three-Dimensional Mathematical Model for Deformation of Human Fasciae in Manual Therapy. Journal of Osteopathic Medicine [online]. 108(8), 379-390 [cit. 2022-05-27]. ISSN 2702-3648. Dostupné z: doi:10.7556/jaoa.2008.108.8.379

19. CHEATHAM, Scott W. a Kyle R. STULL, 2019. Roller massage: Comparison of three different surface type pattern foam rollers on passive knee range of motion and pain perception. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 23(3), 555-560 [cit. 2022-01-18]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2019.05.002
20. CHEATHAM, Scott W. a Morey J. KOLBER, 2018a. Does Roller Massage With a Foam Roll Change Pressure Pain Threshold of the Ipsilateral Lower Extremity Antagonist and Contralateral Muscle Groups? An Exploratory Study. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 27(2), 165-169 [cit. 2022-02-27]. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2016-0196
21. CHEATHAM, Scott W. a Russell BAKER, 2017. Differences in pressure pain threshold among men and women after foam rolling. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 21(4), 978-982 [cit. 2022-06-06]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2017.06.006
22. CHEATHAM, Scott W., Kyle R. STULL a Morey J. KOLBER, 2019. Comparison of a Vibration Roller and a Nonvibration Roller Intervention on Knee Range of Motion and Pressure Pain Threshold: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 28(1), 39-45 [cit. 2022-06-05]. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2017-0164
23. CHEATHAM, Scott W., Morey J. KOLBER a et al, 2015. The Effects of Self-Myofascial Release Using a Foam Roll or Roller Massager on Joint Range of Motion, Muscle Recovery, and Performance: A Systematic Review. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. 10(6), 827-838 [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4637917/#!po=1.42857>
24. CHO, Sung-Hak a Soo-Han KIM, 2016. Immediate effect of stretching and ultrasound on hamstring flexibility and proprioception. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 28(6), 1806-1808 [cit. 2022-07-05]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.28.1806
25. ČIHÁK, Radomír, 2016. Anatomie. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.
26. CONCORDIA UNIVERSITY, 2019. PERFORM Operating Document: NeuroCom® SMART EquiTest® Computerized Dynamic Posturography (CDP). Perform Concordia [online]. Montreal [cit. 2022-08-15]. Dostupné z:

https://perform.concordia.ca/GettingStarted/pdf/compliance/PC-POD-FA-002-V04_NEUROCOM.pdf

27. DAVID, Erin, Tal AMASAY a et al, 2019. The Effect of Foam Rolling of the Hamstrings on Proprioception at the Knee and Hip Joints. *International Journal of Exercise Science* [online]. 12(1), 343-354 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6413844/>
28. GAJDOŠ, Miloslav, Pavol NECHVÁTAL, Lucia KENDROVÁ, Jakub ČUJ a Matúš KOZEL. Vplyv myofasciálnej terapie subokcipitálnych svalov na posturálnu stabilitu - pilotná štúdia: The effect of myofascial therapy of the suboccipital muscles on postural stability - a pilot study. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha, 2022, 29(4), 208-214. ISSN 1211-2658.
29. GOULDING, A, I.E JONES, R.W TAYLOR, J.M PIGGOT a D TAYLOR, 2003. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity. *Gait & Posture* [online]. 17(2), 136-141 [cit. 2022-08-14]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/S0966-6362(02)00161-3
30. GOW, Brian, Chung-Kang PENG, Peter WAYNE a Andrew AHN, 2015. Multiscale Entropy Analysis of Center-of-Pressure Dynamics in Human Postural Control: Methodological Considerations. *Entropy* [online]. 17(12), 7926-7947 [cit. 2022-08-16]. ISSN 1099-4300. Dostupné z: doi:10.3390/e17127849
31. HEALEY, Kellie C., Disa L. HATFIELD, Peter BLANPIED, Leah R. DORFMAN a Deborah RIEBE, 2014. The Effects of Myofascial Release With Foam Rolling on Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 28(1), 61-68 [cit. 2022-07-12]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182956569
32. HEALEY, Kellie C., Disa L. HATFIELD, Peter BLANPIED, Leah R. DORFMAN a Deborah RIEBE, 2014. The Effects of Myofascial Release With Foam Rolling on Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 28(1), 61-68 [cit. 2022-01-18]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182956569
33. HEISS, Rafael, Isabell MAYER, Moritz HUETTEL, et al. Evaluation of Tissue Stiffness in Athletes with Different Experience in Foam Rolling Assessed by Acoustic Radiation Force Impulse Elastography [online]. In: . 2019-03-28, - [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: doi:10.1055/s-0039-1687708
34. HENRIKSEN, Marius, Anders HØJRUP, Hans LUND, Line CHRISTENSEN, Bente DANNESKIOLD-SAMSØE a Henning BLIDDAL, 2009. The effect of stimulating massage of thigh muscles on knee joint position sense. *Advances in Physiotherapy* [online].

- 6(1), 29-36 [cit. 2022-07-05]. ISSN 1403-8196. Dostupné z: doi:10.1080/14038190310012863
35. HOTFIEL, Thilo, Bernd SWOBODA, Sebastian KRINNER, Casper GRIM, Martin ENGELHARDT, Michael UDER a Rafael U. HEISS, 2017. Acute Effects of Lateral Thigh Foam Rolling on Arterial Tissue Perfusion Determined by Spectral Doppler and Power Doppler Ultrasound. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 31(4), 893-900 [cit. 2022-02-24]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000001641
36. HOTFIEL, Thilo, Jürgen FREIWALD, Matthias HOPPE, et al., 2018. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I. Sportverletzung · Sportschaden [online]. 32(04), 243-250 [cit. 2022-07-28]. ISSN 0932-0555. Dostupné z: doi:10.1055/a-0753-1884
37. HUE, Olivier, Martin SIMONEAU, Julie MARCOTTE, et al., 2007. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture* [online]. 26(1), 32-38 [cit. 2022-08-14]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2006.07.005
38. HUIJING, P. A. a R. T. JASPERS, 2005. Adaptation of muscle size and myofascial force transmission: a review and some new experimental results. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]. 15(6), 349-380 [cit. 2022-04-30]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00457.x
39. JACOBSON, Eric, 2011. Structural Integration: Origins and Development. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* [online]. 17(9), 775-780 [cit. 2022-04-30]. ISSN 1075-5535. Dostupné z: doi:10.1089/acm.2011.0001
40. KALÉN, Anton, Alexandra PÉREZ-FERREIRÓS, Roberto BARCALA-FURELOS, María FERNÁNDEZ-MÉNDEZ, Alexis PADRÓN-CABO, Jose A. PRIETO, Andrés RÍOS-AVE a Cristian ABELAIRAS-GÓMEZ, 2017. How can lifeguards recover better? A cross-over study comparing resting, running, and foam rolling. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 35(12), 1887-1891 [cit. 2022-07-28]. ISSN 07356757. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajem.2017.06.028
41. KALICHMAN, Leonid a Chen BEN DAVID, 2017. Effect of self-myofascial release on myofascial pain, muscle flexibility, and Strength: A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 21(2), 446-451 [cit. 2022-02-22]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2016.11.006
42. KAZIMÍR, Július a Monika KLENKOVÁ, [2017]. *Blackroll: posilování, strečink, automasáž s pěnovým válcem*. Přeložil Jiřina STÁRKOVÁ. Praha: Slovart. ISBN 978-80-7529-382-4.

43. KELLY, Shane a Chris BEARDSLEY, 2016. Specific and Cross-Over Effects of Foam Rolling on Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. 11(4), 544-551 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4970845/>
44. KOLÁŘ, Pavel, c2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
45. KONRAD, Andreas, Markus TILP a Masatoshi NAKAMURA, 2021. A Comparison of the Effects of Foam Rolling and Stretching on Physical Performance. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology* [online]. 12 [cit. 2022-07-12]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.720531
46. KOSTOPOULOS, Dimitrios, Arthur J. NELSON, Reuben S. INGBER a Ralph W. LARKIN, 2009. Reduction of Spontaneous Electrical Activity and Pain Perception of Trigger Points in the Upper Trapezius Muscle through Trigger Point Compression and Passive Stretching. *Journal of Musculoskeletal Pain* [online]. 16(4), 266-278 [cit. 2022-02-27]. ISSN 1058-2452. Dostupné z: doi:10.1080/10582450802479594
47. LASTOVA, Kevin, Michael NORDVALL, Michelle WALTERS-EDWARDS, Amy ALLNUTT a Alexei WONG, 2018. Cardiac Autonomic and Blood Pressure Responses to an Acute Foam Rolling Session. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 32(10), 2825-2830 [cit. 2022-02-24]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002562
48. LATASH, Mark, 2007. *Neurophysiological Basis of Movement. 2. Human Kinetics*. ISBN 9780736063678.
49. LE BARS, Daniel, Anthony H. DICKENSON a Jean-Marie BESSON, 1979. Diffuse noxious inhibitory controls (DNIC). I. Effects on dorsal horn convergent neurones in the rat. *Pain* [online]. 6(3), 283-304 [cit. 2022-06-05]. ISSN 0304-3959. Dostupné z: doi:10.1016/0304-3959(79)90049-6
50. LE ROUX, Peter. *Tensegrity Icosahedron*. 3D Warehouse [online]. 2021 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/c81cb67004104b076d2b9c8c1a25c019/Tensegrity-Icosahedron?hl=csLEE, Chia-Lun, I-Hua CHU, Bo-Jhang LYU, Wen-Dien CHANG a Nai-Jen>
51. CHANG, 2018. Comparison of vibration rolling, nonvibration rolling, and static stretching as a warm-up exercise on flexibility, joint proprioception, muscle Strength, and balance in

- young adults. *Journal of Sports Sciences* [online]. 36(22), 2575-2582 [cit. 2022-07-05]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2018.1469848
52. LEVIN, Stephen M a Danièle-Claude MARTIN, 2012. Biotensegrity. In: *Fascia: The Tensional Network of the Human Body* [online]. Elsevier, 2012, s. 137-142 [cit. 2022-04-30]. ISBN 9780702034251. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-7020-3425-1.00054-4
53. MILIN, Petar; BAAYEN, H. Analyzing reaction times. *International Journal of Psychological Research*, 2010, 1-27.
54. MYERS, Thomas W., 2014. *Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapist*. 3rd ed. Edinburgh: Elsevier. ISBN 978-0-7020-4654-4.
55. NADERI, Aynollah, Mohammad Hossein REZVANI a Hans DEGENS, 2020. Foam Rolling and Muscle and Joint Proprioception After Exercise-Induced Muscle Damage. *Journal of Athletic Training* [online]. 55(1), 58-64 [cit. 2022-07-05]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-459-18
56. NATUS MEDICAL. NeuroCom® SMART EquiTest® CDP [online]. 2015 [cit. 2022-08-12]. Dostupné z: https://partners.natus.com/asset/resource/file/newborncare/asset/2018-04/015368A_SMART_EquiTest_EN-US_lo-res.pdf
57. NEUROCOM INTERNATIONAL, 2008. Balance Manager® Systems Technical Specifications: SMART EquiTest® [online]. [cit. 2022-08-15]. Dostupné z: https://www.neuroswiss.ch/view/data/5962/06-Dynamic_SMEQ_Package_with_LFP_INV.pdf
58. OKAMOTO, Takanobu, Mitsuhiro MASUHARA a Komei IKUTA, 2014. Acute Effects of Self-Myofascial Release Using a Foam Roller on Arterial Function. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 28(1), 69-73 [cit. 2022-02-24]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e31829480f5
59. OZDEN, Fatma a Sevgi Sevi YESILYAPRAK, 2021. Foam Rolling, Elbow Proprioception, Strength, and Functional Motor Performance. *Journal of Athletic Training* [online]. 56(10), 1112-1123 [cit. 2022-07-05]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/445-20
60. PEARCEY, Gregory E. P., David J. BRADBURY-SQUIRES, Jon-Erik KAWAMOTO, Eric J. DRINKWATER, David G. BEHM a Duane C. BUTTON, 2015. Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures. *Journal of Athletic Training* [online]. 50(1), 5-13 [cit. 2022-07-28]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-50.1.01

61. PETERKA, Robert J. a Patrick J. LOUGHLIN, 2004. Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *Journal of Neurophysiology* [online]. 91(1), 410-423 [cit. 2022-08-14]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00516.2003
62. POLSKAIA, Nadia, Natalie RICHER, Eliane DIONNE a Yves LAJOIE, 2015. Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention. *Gait & Posture* [online]. 41(2), 454-458 [cit. 2022-08-14]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2014.11.009
63. PROSKE, Uwe a Simon C. GANDEVIA, 2012. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews* [online]. 92(4), 1651-1697 [cit. 2022-08-14]. ISSN 0031-9333. Dostupné z: doi:10.1152/physrev.00048.2011
64. RAMSAY, Craig, 2014. *Strečink - anatomie*. Brno: CPress. ISBN 978-80-264-0354-8.
65. REY, Ezequiel, Alexis PADRÓN-CABO, Pablo B. COSTA a Roberto BARCALA-FURELOS, 2019. Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 33(8), 2194-2201 [cit. 2022-07-28]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002277
66. RIZZO, Natalie, 2021. Lactic Acid Build Up: What It Means and How to Get Rid of It. *Verywell Fit* [online]. Dotdash Media, 31 August 2021 [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.verywellfit.com/lactic-acid-build-up-what-it-means-5197207>
67. ROKYTA, Richard, 2015. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4867-2.
68. ROMERO-MORALEDA, Blanca, Roy LA TOUCHE, Sergio LERMA-LARA, Raúl FERRER-PEÑA, Víctor PAREDES, Ana Belén PEINADO a Daniel MUÑOZ-GARCÍA, 2017. Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial. *PeerJ* [online]. 5 [cit. 2022-07-28]. ISSN 2167-8359. Dostupné z: doi:10.7717/peerj.3908
69. SADEEQ, Muhamad, Eliza HAFIZ a et al, 2021. Effect of foam rolling on delayed onset muscle soreness (DOMS) with pain scores and power performance in varsity rugby players. *Journal of Sports Science and Nutrition* [online]. 1(2), 84-88 [cit. 2022-08-18]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/352539087_Effect_of_foam_rolling_on_delayed_onset_muscle_soreness_DOMS_with_pain_scores_and_power_performance_in_varsiy_rugby_players

70. SCHLEIP, R., W. KLINGLER a F. LEHMANN-HORN, 2006. Fascia is able to contract in a smooth muscle-like manner and thereby influence musculoskeletal mechanics. *Journal of Biomechanics* [online]. 39 [cit. 2022-04-30]. ISSN 00219290. Dostupné z: doi:10.1016/S0021-9290(06)84993-6
71. SCHLEIP, Robert, 2003a. Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 7(1), 11-19 [cit. 2022-05-27]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/S1360-8592(02)00067-0
72. SCHLEIP, Robert, 2003b. Fascial plasticity – a new neurobiological explanation Part 2. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 7(2), 104-116 [cit. 2022-05-27]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/S1360-8592(02)00076-1
73. SCHLEIP, Robert, Carla STECCO a et al, 2021. Fascia: The Tensional Network of the Human Body: The science and clinical applications in manual and movement therapy [online]. 2nd. Elsevier [cit. 2022-04-30]. ISBN 978-0702071836. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=GrNTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA211&dq=tittel+muscle+chains&ots=K6ZjZ3K9Kc&sig=cIAI2-fCQ4y6yD8YydlUDrff-Bw&redir_esc=y#v=onepage&q=tittel%20muscle%20chains&f=false
74. SCHLEIP, Robert, Heike JÄGER a Werner KLINGLER, 2012. What is ‘fascia’? A review of different nomenclatures. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 16(4), 496-502 [cit. 2022-01-19]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2012.08.001
75. SCOPPA, Fabio, Roberto CAPRA, Michele GALLAMINI a Riccardo SHIFFER, 2013. Clinical stabilometry standardization. *Gait & Posture* [online]. 37(2), 290-292 [cit. 2022-08-16]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2012.07.009
76. SHAH, Salvi a Akta BHALARA, 2012. Myofascial Release. *International Journal of Health Sciences & Research* [online]. 2(2), 69-77 [cit. 2022-01-18]. ISSN 2249-9571. Dostupné z: https://www.ijhsr.org/IJHSR_Vol.2_Issue.2_May2012/11.pdf
77. SHAH, Chinmay, et al. Effect of mobile use on reaction time. *Al Ameen J Med Sci*, 2010, 3.2: 160-4.
78. SHIN, Mal-Soon a Yun-Hee SUNG, 2015. Effects of Massage on Muscular Strength and Proprioception After Exercise-Induced Muscle Damage. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 29(8), 2255-2260 [cit. 2022-07-05]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000000688
79. STECCO, Carla, 2015. *Functional Atlas of Human Fascial System*. London: Churchill Imprint. ISBN 978-0-7020-4430-4.

80. STECCO, Carla, Caterina FEDE, Veronica MACCHI, Andrea PORZIONATO, Lucia PETRELLI, Carlo BIZ, Robert STERN a Raffaele DE CARO, 2018. The fasciocytes: A new cell devoted to fascial gliding regulation. *Clinical Anatomy* [online]. 31(5), 667-676 [cit. 2022-04-17]. ISSN 08973806. Dostupné z: doi:10.1002/ca.23072
81. SUNG, Eun-Sook a Jung-Hyun KIM, 2018. The influence of ovulation on postural stability (Biodex Balance System) in young female. *Journal of Exercise Rehabilitation* [online]. 14(4), 638-642 [cit. 2022-08-14]. ISSN 2288-176X. Dostupné z: doi:10.12965/jer.1836266.133
82. TALARICO, Maria K., Robert C. LYNALL, Timothy C. MAUNTEL, Paul S. WEINHOLD, Darin A. PADUA a Jason P. MIHALIK, 2016. Static and dynamic single leg postural control performance during dual-task paradigms. *Journal of Sports Sciences* [online]. 35(11), 1118-1124 [cit. 2022-08-12]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2016.1211307
83. Princip tensegrity. *Trigger Point* [online]. 2023 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <http://www.tptherapy.cz/Princip-tensegrity>
84. VANICEK, Natalie, Stephanie A. KING, Risha GOHIL, Ian C. CHETTER a Patrick A COUGHLIN, 2013. Computerized Dynamic Posturography for Postural Control Assessment in Patients with Intermittent Claudication. *Journal of Visualized Experiments* [online]. (82) [cit. 2022-08-12]. ISSN 1940-087X. Dostupné z: doi:10.3791/51077
85. VAŘEKA, Ivan, 2002a. Posturální stabilita (1. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 9(4), 115-121 [cit. 2022-08-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/280087667_Posturalni_stabilita_Cast_1
86. VAŘEKA, Ivan, 2002b. Posturální stabilita (2. část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 9(4), 115-121 [cit. 2022-08-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/280087667_Posturalni_stabilita_Cast_1
87. VAUGHAN, Brett, Patrick MCLAUGHLIN a Adam S LEPLEY, 2014. Immediate changes in pressure pain threshold in the iliotibial band using a myofascial (foam) roller. *International Journal of Therapy and Rehabilitation* [online]. 21(12), 569-574 [cit. 2022-06-06]. ISSN 1759-779X. Dostupné z: doi:10.12968/ijtr.2014.21.12.569
88. VÉLE, František, 1995. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-297-4.
89. VOKURKA, Martin a Jan HUGO, [2015]. *Velký lékařský slovník*. 10. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 978-80-7345-456-2.

90. VOMÁČKOVÁ, Helena, 2020. Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci. Praha. Dizertační práce. UK FTVS. Vedoucí práce Dagmar Pavlů.
91. VYCHODILOVÁ, Renáta, Lada ANDROVÁ a Hana VRTĚLOVÁ, 2015. Rollfit, aneb, Rolujeme a cvičíme s pěnovými válci. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5673-8.
92. WEERAPONG, Pornratshanee, Patria A HUME a Gregory S KOLT, 2005. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Medicine* [online]. 35(3), 235-256 [cit. 2022-02-27]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200535030-00004
93. WEERAPONG, Pornratshanee, Patria A HUME a Gregory S KOLT, 2005. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Medicine* [online]. 35(3), 235-256 [cit. 2022-02-24]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200535030-00004
94. WIEWELHOVE, Thimo, Alexander DÖWELING, Christoph SCHNEIDER, Laura HOTTENROTT, Tim MEYER, Michael KELLMANN, Mark PFEIFFER a Alexander FERRAUTI, 2019. A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in Physiology* [online]. 10 [cit. 2022-01-18]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2019.00376
95. WILKE, Jan, Anna-Lena MÜLLER, Florian GIESCHE, Gerard POWER, Hamid AHMEDI a David G. BEHM, 2020. Acute Effects of Foam Rolling on Range of Motion in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-analysis. *Sports Medicine* [online]. 50(2), 387-402 [cit. 2022-02-22]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-019-01205-7
96. WILKE, Jan, Frieder KRAUSE, Lutz VOGT a Winfried BANZER, 2016. What Is Evidence-Based About Myofascial Chains: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 97(3), 454-461 [cit. 2022-04-30]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2015.07.023
97. WILKE, Jan, Lutz VOGT a Winfried BANZER, 2018. Immediate effects of self-myofascial release on latent trigger point sensitivity: a randomized, placebo-controlled trial. *Biology of Sport* [online]. 35(4), 349-354 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0860-021X. Dostupné z: doi:10.5114/biolsport.2018.78055
98. WILKE, Jan, Philipp NIEMEYER, Daniel NIEDERER, Robert SCHLEIP a Winfried BANZER, 2019. Influence of Foam Rolling Velocity on Knee Range of Motion and Tissue

- Stiffness: A Randomized, Controlled Crossover Trial. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 28(7), 711-715 [cit. 2022-05-27]. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2018-0041
99. WINTER, DA, 1995. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* [online]. 3(4), 193-214 [cit. 2022-08-14]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/0966-6362(96)82849-9
100. ZAHIRI, Ali, Shahab ALIZADEH, Abdolhamid DANESHJOO, Nick PIKE, Andreas KONRAD a David G. BEHM. Core Muscle Activation With Foam Rolling and Static Planks. *Frontiers in Physiology* [online]. 2022, 13 [cit. 2023-03-23]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2022.852094

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha č. 1: Souhlas Etické komise UK FTVS

Příloha č. 2: Vzor informovaného souhlasu

Příloha č. 3: Vzor anamnestického dotazníku

Příloha č. 4: Seznam obrázků

Příloha č. 5: Seznam tabulek

Příloha č. 1 – Souhlas Etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Okamžitý vliv foam rollingu vybraných svalových skupin na posturální stabilitu

Forma projektu: výzkumná práce – diplomová práce

Období realizace: březen 2022 až únor 2023

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Bc. Jana Švejsová, UK FTVS, katedra fyzioterapie

Hlavní řešitel: Bc. Jana Švejsová, UK FTVS, katedra fyzioterapie

Místo výzkumu (pracoviště): UK FTVS, laboratoř katedry fyzioterapie

Vedoucí práce (v případě studentské práce): Mgr. Michaela Stupková

Popis projektu: Projekt je experimentální studií. Zabývá se okamžitým vlivem foam rollingu pomocí pěnového válce na posturální stabilitu u mladých sportujících lidí. Na začátku bude všem probandům změřena posturální stabilita pomocí NeuroCom Smart EquiTest Systém (3 testovací protokoly: Motor Control Test, Limits of Stability, Adaptation test). Probandi budou randomizovaně rozděleni do dvou skupin – kontrolní a experimentální skupina. Experimentální skupina provede foam rolling lýtky, ischiokrurálních svalů, iliotibiálního traktu, quadricepsu, hýžďových svalů a zad. Každá svalová skupina bude rolována po dobu 1 minuty. Po 10 minutách od intervence podstoupí obě skupiny znovu měření posturální stability. Cílem je zjistit, zda má foam rolling vliv na posturální stabilitu a má tak smysl zařadit ho do warm-upu.

Charakteristika účastníků výzkumu: Výzkumu se zúčastní přibližně 30-40 aktivně sportujících lidí ve věku 18-30 let, kteří mají platnou zdravotní prohlídku. Do výzkumu nebudou zařazeny osoby s akutním zejména infekčním onemocněním nebo v rekonvalescenci po onemocnění, úrazu či operaci, které by mohly limitovat účastníky během měření posturální stability nebo provádění foam rollingu. Probandi budou osloveni hlavní řešitelkou prostřednictvím sociálních sítí či osobně. Vybráni budou též hlavní řešitelkou na základě vstupního dotazníku. Do experimentální a kontrolní skupiny budou rozděleni randomizovaně.

Zajištění bezpečnosti: Výzkum bude využívat pouze neinvazivní metody a bezpečnost osob v průběhu měření bude zajišťovat odborný personál laboratoře katedry fyzioterapie UK FTVS. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek proškolenými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenou obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Účastníci výzkumu budou zletilé nevulnerabilní osoby.

Potenciální střet zájmů: Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu/integritu výzkumu.

Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu.

Výzkum není prováděn pro žádnou instituci či organizaci. Nejsem v pracovně právním (ani rodinném) vztahu k žádnému účastníkovi výzkumu. Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu. Vedoucí práce bude dohlížet nad korektností a nestranností posuzování výsledků výzkumu mou osobou.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: ročník narození, jméno, příjmení, data získaná výše uvedenými metodami, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít hlavní řešitel.

Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 1 dne po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Během výzkumu mohou být pořizovány fotografie a videozáznamy.

Pořizování fotografií účastníků: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním/rozmažáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou uloženy v zaheslovaném počítači řešitele v uzamčeném prostoru a budou bezprostředně do 1 týdne po vyfotografování osob smazány. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie. K neanonymizovaným fotografiím bude mít přístup pouze hlavní řešitelka.

Pořizování videí účastníků: V rámci výzkumu bude pořizován videozáznam. K videozáznamům budu mít přístup já a vedoucí práce. Neanonymizované videozáznamy budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány a před smazáním budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčené místnosti a budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány. K neanonymizovaným videím bude mít přístup pouze hlavní řešitelka. Videozáznam nebude nikdy publikován.

Při pořizování videí budu dbát na to, aby na videa nebyly natáčeny osoby, které nejsou součástí výzkumu.


Pořizování audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné audionahrávky.

V maximální míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): příložen

Povinnosti všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně. Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 15.3.2022

Podpis předkladatele: 

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 064/2022

dne: 15.3.2022

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

Příloha č. 2 – Vzor informovaného souhlasu

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 64/2022

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem „Okamžitý vliv foam rollingu vybraných svalových skupin na posturální stabilitu“ prováděné ve výzkumné laboratoři katedry fyzioterapie UK FTVS.

Projekt bude probíhat v období: březen 2022 až únor 2023. Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Cílem výzkumného projektu je zjistit, zda má foam rolling vliv na posturální stabilitu a má tak smysl zařadit ho do warm-upu. Způsob zásahu bude neinvazivní bez porušení kožního krytu. První fází bude měření pomocí přístroje NeuroCom Smart EquiTest Systém, který změří Vaši posturální stabilitu za měnících se podmínek přístroje (např. naklání plošiny, naklání okolní kabiny, kdy se budete snažit udržet do nejklidnější stoj). Budou využity 3 testovací protokoly: Motor Control Test, Adaptation Test a Limits of Stability. Poté budete náhodně rozděleni do kontrolní a experimentální skupiny. Kontrolní skupina nebude absolvovat žádnou intervenci, zatímco experimentální skupina provede foam rolling lýtka, ischiokrurálních svalů, iliotibiálního traktu, quadricepsu, hýžd'ových svalů a zad (1 min na každou svalovou skupinu). Zásady a bezpečnost Vám bude před měřením a intervencí vysvětlen. 10 minut po ukončení intervence podstoupí obě skupiny znovu měření posturální stability. Časová náročnost projektu: 45-60 minut.

Vaši bezpečnost v průběhu měření bude zajišťovat odborný personál laboratoře katedry fyzioterapie UK FTVS. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek proškolenými pracovníky laboratoře dle instrukcí výrobce zaškolenou obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Budou zajištěné adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu.

Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem. Projektu se nemohou účastnit osoby s akutním zejména infekčním onemocněním nebo v rekonvalescenci po onemocnění, úrazu či operaci, které by mohly limitovat účastníky během měření posturální stability nebo omezovat průběh 6týdenní intervence.

Vaše účast je zcela dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit na e-mailové adrese jana.svejdova98@gmail.com

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: jméno, příjmení, ročník narození, data získaná výše uvedenými metodami, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít hlavní řešitel. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 1 dne po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Během výzkumu mohou být pořizovány fotografie a videozáznam.

Pořizování fotografií účastníků: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním/rozmažáním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou uloženy v zaheslovaném počítači řešitele v uzamčeném prostoru a budou bezprostředně do 1 týdne po vyfotografování osob smazány. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie. K neanonymizovaným fotografiím bude mít přístup pouze hlavní řešitelka.

Pořizování videí účastníků: V rámci výzkumu bude pořizován videozáznam. K videozáznamům budu mít přístup já a vedoucí práce. Neanonymizované videozáznamy budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány a před smazáním budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčené místnosti a budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány. K neanonymizovaným videím bude mít přístup pouze hlavní řešitelka. Videozáznam nebude nikdy publikován.

Při pořizování videí budu dbát na to, aby na videa nebyly natáčeny osoby, které nejsou součástí výzkumu.

Pořizování audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné audionahrávky.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Jana Švejdová

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Jana Švejdová Podpis:

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasně a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha č. 4 – Vzor anamnestického dotazníku

Vstupní dotazník

„Okamžitý vliv foam rollingu vybraných svalových skupin na posturální stabilitu“

Jméno a příjmení: Datum měření:

Rok narození: Hmotnost: kg Výška: cm

Odrážová dolní končetina (zakroužkujte): PRAVÁ / LEVÁ

Osobní anamnéza:

Onemocnění (popř. co a kdy): ANO / NE

Operace (popř. co a kdy): ANO / NE

Úrazy (popř. co a kdy): ANO / NE

Současné obtíže (popř. co a doba trvání): ANO / NE

Užívané léky (popř. název, jak často): ANO / NE

Sportovní aktivita:

Věnujete se pravidelně nějakému sportu? Jakému? ANO/ NE

Jak dlouho se danému sportu věnujete?

Jak často?

Používáte foam roller? ANO / NE

V jaké části tréninku? WARM-UP / HLAVNÍ ČÁST / COOL-DOWN / MIMO TRÉNINK

Na jaké svalové partie?

Poznámky:

Příloha č. 4 – Seznam obrázků

Obrázek 1: Různé typy rollerů a dalších pomůcek pro SMR (Healthy Gym Habits, 2023)....	13
Obrázek 2: Tensegrita – icosahedron (Le Roux, 2021)	20
Obrázek 3: Biotensegrita – páteř, dolní končetiny, celé tělo (Trigger Point, 2023)	21
Obrázek 4: Povrchová zadní linie (Myers, 2014)	22
Obrázek 5: Znázornění opěrné plochy, opěrné báze a COG (Bizovská, 2017).....	34
Obrázek 6: SMART EquiTest Systém (Neurocom International, 2008).....	37
Obrázek 7: Postavení chodidel na plošině (Concordia University, 2015).....	39
Obrázek 8: Ilustrační znázornění vyhodnocených dat programem NeuroCom Data Analyzer - Limits Of Stability (archiv autorky, 2022)	45

Příloha č. 5 – Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrná anamnestická data probandů v rámci jednotlivých skupin	43
Tabulka 2: Znázornění mezí klinické významnosti.....	46
Tabulka 3: LOS – Reaction Time (průměrné výsledky)	47
Tabulka 4: LOS – End Point Excursion (průměrné výsledky).....	49
Tabulka 5: LOS – Maximal Excursion (průměrné výsledky)	51
Tabulka 6: LOS – Directional Control (průměrné výsledky).....	53
Tabulka 7: MCT – Latency Backwards (průměrné výsledky)	56
Tabulka 8: MCT – Latency Forward (průměrné výsledky)	58
Tabulka 9: MCT – Composite Score (průměrné výsledky)	60
Tabulka 10: MCT – Amplitude Scaling – backwards (průměrné výsledky)	61
Tabulka 11: MCT – Amplitude Scaling – forward (průměrné výsledky).....	63
Tabulka 12: MCT – Weight Symmetry – backwards (průměrné výsledky)	65
Tabulka 13: MCT – Weight Symmetry – forward (průměrné výsledky).....	67
Tabulka 14: MCT – Strength Symmetry – backwards (průměrné výsledky)	69
Tabulka 15: MCT – Strength Symmetry – forward (průměrné výsledky).....	71
Tabulka 16: ADT – Sway Energy Score– Toes Down (průměrné výsledky)	73
Tabulka 17: ADT – Sway Energy Score– Toes Up (průměrné výsledky).....	75

Příloha č. 5 – Seznam grafů

Graf 1: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Reaction Time.....	48
Graf 2: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru End Point Excursion	50
Graf 3: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Maximal Excursion.....	52
Graf 4: LOS – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Directional Control	54
Graf 5: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Latency ve směru translace vzad	57
Graf 6: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Latency ve směru translace vpřed	59
Graf 7: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Amplitude Scaling ve směru translace vzad.....	62
Graf 8: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Amplitude Scaling ve směru translace vpřed	64
Graf 9: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Weight Symmetry ve směru translace vzad	66
Graf 10: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Weight Symmetry ve směru translace vpřed.....	68
Graf 11: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Stregth Symmetry ve směru translace vzad.....	70
Graf 12: MCT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Strength Symmetry ve směru translace vpřed	72
Graf 13: ADT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Sway Energy ve směru náklonu vpřed (Toes Down)	74
Graf 14: ADT – Grafické znázornění vypočteného rozdílu mezi 1. a 2. měřením experimentální a kontrolní skupiny v parametru Sway Energy ve směru náklonu vzad (Toes Up)	76