

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Petr Valenta

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Katedra fyzioterapie

**Využití superinduktivního systému v léčbě svalových
dysbalancí**

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce:

PhDr. Jitka Malá, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Petr Valenta

Praha, duben 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením PhDr. Jitky Malé, Ph.D. Všechny použité informační zdroje a literaturu jsem citoval v seznamu použité literatury. Tato práce, ani její části, nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V praze, dne

Bc. Petr Valenta

Poděkování

Děkuji vedoucí této práce, PhDr. Jitce Malé, Ph.D. za vstřícnou konzultaci a cenné rady během zpracovávání teoretické i praktické části. Dále děkuji účastníkům, kteří se zúčastnili výzkumu. V neposlední řadě děkuji svému blízkému okolí, které mi při vytváření této práce bylo oporou.

Abstrakt

Autor: Bc. Petr Valenta

Vedoucí práce: PhDr. Jitka Malá Ph.D.

Název práce: Využití superinduktivního systému v léčbě svalových dysbalancí

Cíle práce: Cílem této práce je zjistit okamžitý účinek repetitivní periferní magnetické stimulace na svalovou sílu a zapojení stimulovaných svalů do pohybových stereotypů. Dále byl zkoumán efekt repetitivní magnetické stimulace na bilaterální svalové asymetrie. Cílem je dále nalezení odpovědí na stanovené otázky a potvrzení či vyvrácení hypotéz.

Metody: Do experimentu bylo zařazeno 40 probandů ($n=40$), profesionálních sportovců starých průměrně 24,45 ($\pm 3,98$) let, kteří byli náhodně rozdělení do intervenční experimentální skupiny a do skupiny kontrolní. Testování a sběr dat probíhal v únoru a lednu roku 2024. Ke sběru dat byla navržena testovací baterie zahrnující Y-balance test a izometrickou dynamometrii. Pro zjištění efektu repetitivní periferní magnetické stimulace bylo provedeno vstupní a výstupní testování ve stejném rozsahu i obsahu. Získaná data byla statisticky zpracována deskriptivní statistikou. Normalita dat byla graficky ověřena za pomoci Q-Q plotu. Pro ověření hypotéz byl použit párový T-test s Benjamini-Hochbergovo korekcí p hodnoty. Hladina významnosti α byla pro všechny testy stanovena na hodnotu 0,05.

Výsledky: rPMS má pozitivní vliv na zvýšení svalové síly po jednorázové stimulaci svalů gluteus maximus a vastus lateralis. Dochází ke statisticky významnému zvýšení maximální izometrické volní síly v pohybech extenze kyčelního a kolenního kloubu s hladinou statistické významnosti $p=0,004$ respektive $p<0,001$ u experimentální skupiny po aplikaci stimulačního programu přístroje BTL -6000 Superinductive system. Dále dochází ke statisticky významnému zlepšení ve všech

třech směrech Y-balance testu s hladinou statistické významnosti $p \leq 0,001$. Pozitivní efekt rPMS na bilaterální svalové dysbalance nebyl prokázán.

Závěr: Využití repetitivní periferní magnetické stimulace lze doporučit jako metodu ke zvýšení síly stimulovaných svalů gluteus maximus a vastus lateralis. Také lze tento postup doporučit za cílem zvýšení dosahu ve všech směrech testovanými funkčním pohybovým testem Y-balance test. Práce naopak nepotvrdila efekt repetitivní periferní magnetické stimulace na snížení bilaterálních svalových dysbalancí.

Klíčová slova: Superinduktivní systém, repetitivní periferní magnetická stimulace, svalové dysbalance, izometrická dynamometrie, Y-balance test

Abstract

Author: Bc. Petr Valenta

Thesis Supervisor: PhDr. Jitka Malá Ph.D.

Title of the Thesis: Utilization of Superinductive System in the Treatment of Muscle Imbalances

Objectives: The aim of this thesis is to determine the immediate effect of repetitive peripheral magnetic stimulation (rPMS) on muscle strength and the involvement of stimulated muscles in functional movement patterns. Furthermore, the effect of repetitive magnetic stimulation on bilateral muscle asymmetries was investigated. The goal is to find answers to the formulated questions and confirm or refute the hypotheses.

Methods: A total of (n=40) professional athletes aged 24,45 ($\pm 3,98$) years were included in the experiment and randomly divided into an intervention experimental group and a control group. Data collection included a testing battery comprising of the Y-balance test and isometric dynamometry. To assess the effect of repetitive peripheral magnetic stimulation, pre-test and post-test measurements were conducted in the same scope and content. The obtained data were statistically analyzed using descriptive statistics. Data normality was graphically verified using Q-Q plots. The hypotheses were tested using paired T-tests with Benjamini-Hochberg correction for p-values. The significance level α was set to 0.05 for all tests.

Results: rPMS has a positive effect on increasing muscle strength after a single stimulation of the gluteus maximus and vastus lateralis muscles. There is a statistically significant increase in maximum voluntary isometric strength in hip and

knee extension movements with a significance level of $p=0.004$ and $p<0.001$, respectively, in the experimental group after the application of the stimulation program using the BTL-6000 Superinductive system. Furthermore, there is a statistically significant improvement in all three directions of the Y-balance test with a significance level of $p<0.001$. The positive effect of rPMS on bilateral muscle imbalances was not demonstrated.

Conclusion: The use of repetitive peripheral magnetic stimulation can be recommended as a method to increase the strength of the stimulated gluteus maximus and vastus lateralis muscles. This approach can also be recommended for the purpose of increasing reach in all directions of the functional movement test assessed by the Y-balance test. However, the thesis did not confirm the effect of repetitive peripheral magnetic stimulation on reducing bilateral muscle imbalances.

Keywords: Superinductive system, repetitive peripheral magnetic stimulation, muscle imbalances, isometric dynamometry, Y-balance test

Seznam použitých zkratek

HDD – Hand held dynamometry, ruční dynamometrie

RFD – Rate of force development, rychlost rozvoje síly

SIS – Super induktivní systém

PEM – Pulsed electromagnetic field, pulzní elektromagnetické pole

PMS – Periferní magnetická stimulace

TMS – Transkraniální magnetická stimulace

rPMS – Repetitivní periferní magnetická stimulace

CNS – Centrální nervová soustava

CHOPN – Chronická obstrukční plicní nemoc

M. – Musculus

SLAP – Superior labral anterior posterior tear

MMT – Manual muscle testing, manuální svalový test

YBT – Y-balance test

YBT-LQ – Y-balance test lower quater

SEBT – Star excursion balance test

ICC – Intraclass correlation coefficient

CSA – Cross-sectional area

Obsah

1	Úvod	12
2	Teoretická východiska práce	14
2.1	Využití magnetického pole v terapeutickém prostředí	14
2.2	Periferní magnetická stimulace	16
2.3	Fyzikální východiska periferní magnetické stimulace	16
2.4	Účinek periferní magnetické stimulace u pacientů s motorickým postižením	17
2.5	Periferní magnetická stimulace v léčbě algických stavů pohybového aparátu	18
2.6	Myostimulační účinek periferní magnetické stimulace	19
2.7	Využití superinduktivního systému v léčbě fraktur	20
2.8	Kontraindikace repetitivní periferní magnetické stimulace	20
2.9	Svalové dysbalance	21
2.10	Testování svalové síly	25
2.11	Měřitelné ukazatele svalové síly	28
2.12	Y-Balance test lower quater	31
2.13	Rešeršní přehled	34
3	Úkoly a cíle práce, vědecké otázky a hypotézy	36
3.1	Cíle práce	36
3.2	Úkoly práce	36
3.3	Vědecké otázky výzkumu	36
3.4	Hypotézy výzkumu:	37
4	Metodika práce	38
4.1	Zpracování teoretických východisek práce	38
4.2	Design Výzkumu	38
4.3	Popis výzkumného souboru	38
4.4	Intervence	40
4.5	Použité metody	41
4.6	Analýza dat	46
5	Výsledky práce	47
5.1	Výsledky měření Y-balance test	47
5.2	Výsledky měření izometrické dynamometrie	52
5.3	Zhodnocení účinku rPMS na bilaterální svalové dysbalance	57
5.4	Testování hypotéz	62
6	Diskuse	64
6.1	Diskuse k hypotéze 1	64
6.2	Diskuse k hypotéze 2	65

6.3	Diskuse k hypotéze 3	66
6.4	Diskuse nad použitými metodami	67
6.5	Diskuse k limitacím práce	67
7	Závěr	70
8	Seznam použité literatury	71
9	Seznam příloh	84

1 Úvod

Periferní magnetická stimulace je jedním z nejmodernějších nástrojů dnešní fyzikální medicíny. Společně s radiofrekvenční terapií, vysokovýkonným laserem a rázovou vlnou tvoří novou generaci moderní fyzikální terapie. Nová generace fyzikální terapie se však prozatím potýká s problémem. Je totiž doposud pouze velmi krátkou dobu v hledáčku vědecké obce. Na základě čehož zatím neexistuje dostatečné množství vědeckých důkazů pro jejich pevné zakotvení v moderním světě fyzioterapie, který je dnes, více než kdykoliv v historii, zaměřen na postupy s pevným ukotvením ve vědě.

Urychlení hojení fraktur, snížení spasticity, léčba denervovaných svalů či prosté zvýšení svalové síly a růst svalové tkáně je pouze neúplný výčet možných indikací, které uvádí výrobci vysokoindukčních elektromagnetických stimulátorů v propagačních materiálech. Málokteré účinky byly však podpořeny kvalitními zdroji a na mnohé doposud existují v lepším případě pilotní studie bez kontrolní skupiny a v tom horším případové studie jednotlivců či anekdotální evidence. Některé účinky byly doposud zkoumány pouze na zvířecích populacích.

V minulosti byla prokázána účinnost využití repetitivní periferní magnetické stimulace (rPMS) za cílem zvýšení svalové síly a pracovní kapacity svalu. Tyto výzkumy však byly prováděny buďto na populacích pacientů po operaci, nebo byly sledovány dlouhé intervence, které trvaly v řádu několika týdnů. Bude mít rPMS srovnatelný efekt na populaci profesionálních sportovců, jejichž pracovní kapacita a svalová síla se pravděpodobně vymyká normativním hodnotám obecné populace? Lze rPMS využít jako efektivní nástroj k léčbě jejich svalových dysbalancí či dokonce zlepšení jejich sportovních výkonů?

S cenovkou vyšších statisíců korun či nižších jednotek milionů by měla být dobře zodpovězena otázka, v čem je tento přístroj výjimečný a k čemu je vlastně opravdu užitečný.

Pro experimentální část této práce bude využit přístroj BTL-6000 Super inductive system s fokusovaným aplikátorem schopným vytvořit magnetické pole o intenzitě 2,5 Tesla.

V teoretické části jsou podrobně popsány doposud známé účinky repetitivní periferní magnetické stimulace a jejich mechanismy. Jsou zde rozebrány základní fyzikální principy této procedury, které jsou podstatné pro pochopení výhod, které má tato procedura oproti elektrickým stimulátorům. Neposledně zde bude rozebrána problematika svalových dysbalancí, a to definice, vznik, specifické dysbalance pro sportovní prostředí a rizika spojené jejich výskytem.

Ve speciální části této práce je podrobně popsána studie. To zahrnuje cíle výzkumu, položení základních výzkumných otázek a předpokládaných hypotéz. Dále je jasně definován výzkumný soubor, použité metody analýzy a sběru dat. Dále obsahuje experimentální část závěr a diskusi.

2 Teoretická východiska práce

2.1 Využití magnetického pole v terapeutickém prostředí

Využití magnetického pole k léčebným účelům tedy magnetoterapie lze datovat do dob antických. Tedy do dob, kdy byl fenomén magnetismu objeven. V průběhu historie lidstvo využívalo přírodních (železná ruda) i umělých (magnety, elektromagnety) zdrojů magnetismu. Až do konce 19. století bylo využíváno pouze stabilního magnetického pole. (Basford 2001)

S technologickým posunem se posouvala i magnetoterapie a na konci 19. století se objevily experimenty s variabilním neboli pulzním magnetickým polem a jeho účinky na lidský organismus. Od konce dvacátého století je hojně využíváno nízkoindukční magnetické pole o nízkých frekvencích, avšak o účinnosti této terapie panuje doposud v odborné populaci neshoda. (Basford 2001)

Ke konci 20 století byla představena transkraniální magnetická stimulace, která vycházela ze základů položených transkraniální elektrostimulací. Tato metoda využívá vysoké indukce v řádu jednotek tesla. Podobných úrovní indukce využívá také periferní magnetická stimulace. (Hallett 2007)

2.1.1 Nízkoindukční magnetoterapie

V prostředí české rehabilitace je nízkoindukční magnetoterapie známým pojmem. Je to často používaná doplňková léčba zranění kloubů končetin či bolesti zad. Magnetické pole je do těla přiváděno pomocí aplikátoru ve tvaru válce či desky, který pracuje s magnetickou indukcí v řádech mili-Tesla. Válcové neboli solenoidní aplikátory mají výhodu homogenního magnetického pole. Mezi popsané účinky této terapie patří účinek vazodilatační, analgetický, protizánětlivý, myorelaxační. Dále se tento druh fyzikální terapie hojně využíván k urychlení hojení zlomenin a lézí měkkých tkání. Mechanismus účinku této terapie není však doposud plně objasněný. Domníváme se, že magnetoterapie účinkuje na několika úrovních organismu, ať už jde o ovlivnění receptorů membránového potenciálu, radikálových reakcí, zvýšení prokrvení či zvýšení sekrece beta-endorfinů. U tohoto typu terapie bývá nejčastěji využíváno frekvence 100 Hz a indukce mezi 0,1 až 0,3 mT. Pro představu hustota magnetické indukce, kterou vytváří zeměkoule se pohybuje v rozmezí 30-70 μ T. Kvůli relativně nízkým intenzitám magnetického

pole nedochází u nízkofrekvenční terapie k ovlivnění membránového potenciálu. (Pasek et al. 2015; Poděbradský a Vařeka 1998)

Dle Poděbradského se mezi hlavní indikace nízkoindukční magnetoterapie řadí hojení fraktur, degenerativní zánětlivá onemocnění pohybového aparátu, funkční poruchy pohybového systému, sterilní a mikrobiální záněty a zmírnění poškození měkkých tkání při imobilizacích. (Poděbradský a Vařeka 1998)

Délka terapie se určuje v závislosti na indikaci, minimální délka expozice je 10 minut, maximální délka 40 minut za den. U terapie fraktur však může denní dávka dosáhnout délky až 90 minut denně. (Poděbradský 2009)

2.1.2 Vysokoindukční magnetoterapie

Vysoké magnetické indukce je v rehabilitačním prostředí využíváno u dvou druhů magnetoterapie. Tyto dva přístupy se liší zejména místem aplikace. Transkraniální magnetická stimulace využívá podobného přístroje a principů jako periferní magnetická stimulace, avšak jak již název napovídá, první stimuluje struktury na povrchu mozku, ta druhá je využívána na struktury periferní. Jmenovitě jsou to pak míšní kořeny či svaly. (Hallett 2007)

Transkraniální magnetická stimulace je neinvazivní metoda využívána ke stimulaci či inhibici částí lidského mozku. Vzrušivé neurální struktury, které se nacházejí na povrchu mozku, tedy v mozkové kůře, mohou být stimulovány či inhibovány silným magnetickým impulzem. Nejlépe je prozkoumána motorická mozková kůra, při jejíž stimulaci lze vyvolat svalové záškuby odpovídajících svalů. Při stimulaci okcipitálního kortexu lze například vyvolat přechodnou slepou skvrnu (skotom) či vizuální vjem, který nebyl vyvolán vnějším podnětem na sítnici (phosphene). Tohoto a dalších podobných principů lze využít k mapování mozkové kůry, ať už jde o motorické, sensorické či kognitivní funkce. TMS lze také využít s terapeutickým záměrem k ovlivnění mozkové aktivity v případě opakované aplikace. Klinické využití je široké, avšak ne zcela probádané. Slibnou kapitolou TMS je využití stimulace k vyvolání plastických změn v mozku. (Hallett 2007)

Periferní magnetická stimulace je blíže popsána v následující kapitole.

2.2 Periferní magnetická stimulace

Periferní magnetická stimulace je neinvazivní metoda, která využívá silného pulsu magnetického pole na periférii, tedy na celé tělo vyjma mozku. V posledních třech dekádách se tato aplikace magnetického pole dostala do povědomí díky svým kladným vlastnostem jako je neinvazivnost, jednoduchost použití, bezbolestnost a široké pole působnosti. Využití magnetického pole k léčení nemocí se datuje takřka 190 let nazpět, kdy Michael Faraday objevil, že proměnlivý náboj vytváří magnetické pole, které je schopné vytvořit náboj nový ve vodivém médiu, které je uvnitř tohoto magnetického pole. Tento jev se nazývá elektromagnetická indukce.

Kolin et al. (1959) poprvé demonstrovali, že za pomoci střídavého magnetického pole je možné stimulovat periferní nerv, přesněji řečeno sedací nerv žáby. První úspěšnou magnetickou stimulaci provedl na člověku Bickford v roce 1965. (Geddes 1991)

Hlavní zásluhu na využití magnetické stimulace v klinickém prostředí má A. T. Barker, který jako první stimuloval motorický kortex s výsledkem tetanického stahu cíleného svalu. V roce 1982 představil Barker a jeho skupina praktický periferní stimulátor, který byl schopný stimulace periferních nervů. (Barker et al. 1985)

2.3 Fyzikální východiska periferní magnetické stimulace

Fyzikální princip, na jehož základě tento přístroj funguje, se nazývá elektromagnetická indukce. Tento fyzikální jev se pokusím zjednodušeně přiblížit v následující kapitole. Díky porozumění tomuto principu lze využít výhod tohoto přístroje a správně s ním zacházet.

Repetitivní periferní magnetický stimulátor se vždy skládá z řídicí jednotky a aplikační hlavice. V této hlavici se ukrývá cívka aplikátoru vytvářející proměnlivé elektromagnetické pole. Časově proměnlivý proud procházející cívkou v aplikátoru vytváří v okolí vodiče nestacionární magnetické pole. Toto vzniklé magnetické pole následně indikuje proudy v druhém vodiči, který se v tomto poli nachází. Tento druhý vodič může být například druhá cívka či lidské tělo a jeho elektricky vzrušivé tkáně v případě rPMS. V případě dosažení dostatečného prahu magnetické indukce, dochází v těle ke změně elektrického potenciálu. Při výskytu nerovnováhy

elektrického náboje, tedy výskytu elektrického potenciálu dochází k toku elektronů. V elektricky vzrušivých nervových a svalových tkáních dochází při překročení prahových hodnot elektrického potenciálu ke vzniku akčního potenciálu. (Kanjanapanang a Chang 2024)

Magnetické a elektrické vlastnosti materiálů se liší, toho lze využít. Magnetické pole může vytvořit elektrické pole v tkáni, aniž by ji samo přímo stimulovalo. Jakmile je vytvořen tok elektronů, je mechanismus účinku elektrické a magnetické stimulace stejný, a to depolarizace axonu a iniciace vzniku akčního potenciálu. (Kanjanapanang a Chang 2024)

Magnetické pole poskytuje mnoho výhod. Jak již bylo zmíněno, magnetické pole nepotřebuje vodič, může totiž prostoupit i skrze vakuum bez změny jeho energie. Toto umožňuje vstup do hlubokých tkání jako jsou kořeny spinálních nervů či hluboce uložené svaly. Toto pole pouze slabne nepřímou úměrou s vzdáleností od jeho zdroje. Díky těmto vlastnostem není nutný fyzický kontakt zdroje pole s tkání, na kterou chceme působit. Pacient se nemusí ani svlékat, pokud jeho ošacení neobsahuje magnetické materiály. Na rozdíl od elektrostimulace nemusí magnetické pole procházet skrze pokožku a další vrstvy tkáně, které leží pod ní, aby dosáhlo cílené struktury. S tím se pojí i bezbolestnost. Elektrostimulace může vyvolávat nepříjemné pocity jako je mravenčení, brnění a bolest, tyto fenomény se však u rPMS nevyskytují. Tato metoda je také na rozdíl od NMES schopna stimulace hluboko uložených svalů a svalových skupin, jako je například pánevní dno. (Kanjanapanang a Chang 2024)

2.4 Účinek periferní magnetické stimulace u pacientů s motorickým postižením

Mechanismus účinku repetitivní periferní magnetické stimulace dnes není známý. Domníváme se, že magnetická stimulace periferie vede k vzniku aferentních vzruchů, které vedou do centrální nervové soustavy, tyto vzruchy mohou následně ovlivnit aktivitu kortexu a jeho neuroplasticitu. Magnetická stimulace je nástrojem, který je využíván k vytvoření proprioceptivních informací připomínajících pohybovou terapii, u které bylo prokázáno, že zvyšuje motorickou kontrolu u pacientů po cévní mozkové příhodě. (Beaulieu a Schneider 2013)

Periferní magnetická stimulace spouští velké množství proprioceptivních vzruchů dvěma cestami. První cesta je přímá stimulace senzomotorických nervových vláken. Druhá cesta je nepřímá aktivace mechanoreceptorů uvnitř svalového vlákna. Je prokázáno vyšší prokrvení premotorického kortexu, parietálního laloku a cingula u postižené hemisféry pacientů s cévní mozkovou příhodou při periferní magnetické stimulaci paretických svalů. Dále se ukazuje, že rPMS normalizuje aktivační vzorce frontoparietálních neuronálních sítí motorického plánování, což vede ke zlepšení funkce. Další novodobá zjištění uvádí, že rPMS mohou mít vliv na udržení homeostázy kortikální excitability. (Nielsen et al. 1996; Beaulieu a Schneider 2013)

U pacientů s roztroušenou sklerózou byl proveden dvojité zaslepený randomizovaný výzkum účinku PMS při aplikaci nad míšní kořeny. U experimentální skupiny došlo k velkému, avšak dočasnému snížení spasticity, kdy k návratu k původním hodnotám docházelo již 16. den po sedmidenní intervenci. (Nielsen et al. 1996)

2.5 Periferní magnetická stimulace v léčbě algických stavů pohybového aparátu

Analgetický účinek fyzikální terapie se podařilo vysvětlit hned několika neurofyziologickými teoriemi tlumení bolesti. Nejčastěji skloňovanou je vrátková teorie dle Melzacka a Walla. Tato teorie popisuje tlumení bolesti přímo v zadních rozích míšních, kde je moderován přenos vzestupných signálů. Další mechanismus tlumení bolesti, na který lze fyzikální terapií působit je teorie periferního kódu. Bolestivá informace je z periferie dovedena do interpretačního centra, kde je teprve rozhodnuto, zda bude informace považována za bolestivou, bude interpretována jako tlak, či vůbec nevstoupí do vědomí jedince. Tuto informaci je možné měnit pomocí frekvenční modulace. Tato nově vzniklá, pozměněná, informace může být interpretována v CNS jinak nežli ta původní bolestivá. Český výrobce magnetického stimulatoru přístroje BTL 6000 Super Inductive System (SIS) uvádí, že na vrátkovou teorii lze cílit za využití frekvence 60–100 Hz, na kódovou teorii lze působit pomocí frekvence nad 100 Hz. (Poděbradský 2009)

Tento efekt zkoumala studie provedená na populaci pacientů s akutní bolestí beder. 26 probandů bylo náhodně rozřazeno do experimentální a kontrolní skupiny, u které byla poskytnuta předstíraná terapie. U obou skupin bylo administrováno 10 terapeutických jednotek. U experimentální skupiny došlo k významnému snížení bolestivosti jak akutnímu, tak trvalému. Došlo také ke snížení disability v porovnání se skupinou kontrolní. (Lim et al. 2018)

2.6 Myostimulační účinek periferní magnetické stimulace

Repetitivní magnetická stimulace začíná být používána i za cílem zlepšení svalové funkce. Možnými indikacemi bývají a pacienti po cévní mozkové příhodě či s chronickou obstrukční plicní nemocí. Pomocí velkého množství proprioceptivních vzruchů lze aktivovat příslušné oblasti motorického kortexu. Toto je pravděpodobně mechanismus, kterým lze dosáhnout zvýšené svalové síly. Toto také potvrzuje studie provedena na vzorku pacientů po totální náhradě kyčelního kloubu, u kterých byl po dobu tří týdnů stimulován vastus lateralis. Kontrolní skupině byla provedena předstíraná stimulace. U skupiny podstoupivší opravdovou stimulaci se významně zlepšila síla laterálního vastu a také zrychlila chůze oproti kontrolní skupině. (Baek et al. 2018)

Vhodnou aplikační skupinou mohou být také pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí. Atrofie a dysfunkce příčně pruhovaného kosterního svalstva vedou ke snížení pohybové kapacity, zhoršení kvality života a zvýšení úmrtnosti u pacientů s CHOPN. U vysokého podílu pacientů s CHOPN může být navzdory extrémně abnormálním dechovým funkcím právě pocit svalové únavy, nikoliv dušnost, tím, co jako první omezuje kapacitu cvičení. Skupina 18 pacientů byla náhodně rozdělena do dvou skupin. Experimentální skupina podstoupila osmítýdenní protokol složený z 24 stimulačních procedur. Stimulován byl čtyřhlavý sval stehenní. Výsledkem intervencí bylo 17,5% zvýšení maximální volní síly tohoto svalu a průměrný nárůst ušlé vzdálenosti 6minute walk test o 23 metrů. (Bustamante et al. 2010)

2.7 Využití superinduktivního systému v léčbě fraktur

K urychlení léčby zlomenin se v České rehabilitaci často využívá nízko indukční magnetoterapie. Tyto přístroje vytváří magnetické pole o intenzitě v řádu mili-Tesla a fungují na bázi zvýšení kostního metabolismu, jmenovitě zvýšení proliferace osteoblastů a depozice extracelulární matrix. (Wang et al. 2006; Heermeier et al. 1998; Zhang et al. 2007)

Některé studie tyto pozitivní účinky nízko indukční magnetoterapie na syntézu osteoblastů a proliferaci buněk v extracelulární matrix neprokazují. (Heermeier et al. 1998; Leisner et al. 2002; Barker 1994)

Vědecké práce zabývající se účinností této tedy metody nejsou zcela průkazné. Je také velmi důležité správné nastavení modalit, které ovlivňují účinek této metody na kostní tkáň. (Lin a Lu 2010)

Mechanismus účinku vysokoindukční magnetické stimulace však známý není. Na rozdíl od EMF působí rPMS přístroje magnetickým polem o intenzitě až 2,5 Tesla, tedy o tři řády vyšší intenzitou, dále je k této proceduře využíváno fokusovaného aplikátoru. Webové stránky výrobce uvádějí následující.

„Intenzivní elektromagnetické pole vede k hyperemizačně-trofotropickému účinku v postižené oblasti a podporuje tvorbu vaskulárního a později chrupavčitého svalu. Následně dochází k postupné mineralizaci chrupavky a kostní remodelaci.“

Jako důkaz účinnosti tohoto postupu existuje pouze hrstka případových studií, které uvádí urychlené utvoření svalu. (Cadossi et al. 2020)

Studie provedená na krysím vzorku dokonce uvádí zpomalené utváření svalu s vyšším podílem fibrózní tkáně u experimentální skupiny. (Leisner et al. 2002)

2.8 Kontraindikace repetitivní periferní magnetické stimulace

Dle výrobce BTL nelze rPMS aplikovat pacientům s pacemakery či jinými kovovými implantáty. Dále je aplikace rPMS kontraindikována u pacientů trpících akutním srdečním onemocněním, vředy, nedávným vážným krvácením renální nedostatečností těžkým onemocněním jater, nádory, epilepsií, kožními defekty, bolestí centrálního původu.

2.9 Svalové dysbalance

Koncept svalové dysbalance není novým pojmem. Zmínky o existenci svalových dysbalancí se objevují v odborných textech takřka 60 let. Podrobně se svalovými dysbalancemi zabývali Janda (1983), Sahrman (1987), Richardson (1992) a Jul et al. (1999). Svalové dysbalance nevznikají bez podnětu, je tak důležité tyto podněty podrobně prozkoumat a pochopit. Na základě principu specifické adaptace na podnět, kterému je tělo vystaveno, dochází k trofickým změnám i změnám v motorickém řízení. Svalové dysbalance tedy vznikají na základě nároků, kterým lidské tělo musí vyhovět. (Porter a Tidy 2013)

Samotná definice svalové dysbalance je obtížná. Sahrman (1987) definuje svalové dysbalance aktivní a pasivní, přičemž pasivní dysbalance je definována svalovou délkou, zatímco aktivní dysbalance se vyskytuje v případě, kdy je jeden ze synergistických svalů hyperaktivní v pohybu. Janda (1983) definuje svalovou dysbalanci jako systémovou změnu kvality svalové funkce vedoucí ke změně mechaniky kloubu, jež může vést k bolesti po případě k degeneračním změnám. Dále definuje svaly posturální a fázické, které, když plní funkci druhé skupiny, mají tendenci svalové dysbalance vytvářet. Existenci fázických a tonických svalů lze dokázat na základě vývojové kineziologie. V časně fázi vývoje jedince převládá tonický systém jedince, avšak aby se nemluvně bylo schopné vertikalizovat, je za potřebí spolupráce tonického i fázického systému dohromady. V případě absence této koordinace vznikají svalové dysbalance, které mohou mít dramatický dopad na vývoj skeletu jedince. To je například možné vidět u dětí trpících mozkovou obrnou, kde dochází k převaze tonického systému. Janda na základě svých teorií a pozorování popsal dva syndromy svalových dysbalancí. (Porter a Tidy 2013)

2.9.1 Jandův horní zkřížený syndrom

Jeden z nejnámějších pojmů české rehabilitace je definován ochabnutím střední a spodní částí trapézového svalu a svalů serratus anterior a infraspinatus v kontrastu se zkrácením horní části trapeziu, pektorálů a svalu levator scapulae. To způsobuje předsazené držení hlavy a protrakční držení pletenců horních končetin. Pro fyzioterapeutickou populaci velmi dobře známá svalová dysbalance, která narušuje dynamiku krční páteře v podobě zvýšení krční lordózy. Tento stav ale také

mění postavení pletence ramenního a muže způsobovat mimo jiné kompresi subakromiálního prostoru. (Lewis et al. 2005; Kolář 2009)

2.9.2 Jandův dolní zkřížený syndrom

Tento syndrom je postaven na vztazích mezi zkrácenými m. rectus femoris, m. tensor fasciae latae a m. iliopsoas a utlumenými gluteálními a břišními svaly. Janda popisuje zvýšenou anteverzii pánve, která je spojena s vyšším lordotickým zakřivením bederní páteře. Toto postavení pánve negativně ovlivňuje rozsah pohybu kyčelního kloubu do směru extenze, která následně mizí z chůzového stereotypu, to dále kompenzačně prohlubuje antevertzní postavení pánve. (Kolář 2009)

Toto fyzioterapeutické dogma je však rozporováno množícemi se studii. Předpoklad, že zkrácené flexory inhibují aktivitu gluteálních svalů je nepotvrzený. Ve skutečnosti existují i studie, které ho dokonce vyvracejí. (Mills et al. 2015; Van Gelder et al. 2015)

Vztah mezi antevertzí pánve a rozsahem pohybu kyčelního kloubu do extenze také nebyl potvrzený. (Heino et al. 1990)

2.9.3 Význam svalových dysbalancí ve sportovním prostředí

Zranění z přetížení je jedním z nejčastějších mechanismů sportovních zranění. Při absenci jediné identifikovatelné příčiny popisujeme zranění jako zranění z přetížení. Tato zranění postihují lidi jakéhokoliv věku a fyzické zdatnosti. Vznikají na základě repetitivního přetížení, které může způsobovat bolestivost pohybového aparátu, což vede k úpadkům ve výkonnosti jedince a následné nucené pauze. Nadměrná zátěž a nedostačující regenerace vede k rozkladu tkání na buněčné úrovni, to může zahrnovat svaly, úpony, kosti či bursy. (Brukner a Khan 2017)

Tyto stavy mohou vznikat i na biomechanickém podkladě, kdy za současného vzniku svalových imbalancí mohou být určité skupiny svalů přetěžovány a některé naopak zatěžovány nedostatečně. Porozumění biomechanickým principům sportu může podhalit prvotní zdroj bolesti, který vždy

nemusí být v jejím místě. Lépe řečeno, ačkoliv je to v akutních fázích zapotřebí, je důležité nepřemýšlet pouze o symptomech, ale také o místě, které toto přetížení mohlo způsobit. Na základě předpokladu, že je na jedné straně hybného segmentu sval hyperaktivní a na druhé straně sval v útlumu, dochází k decentraci tohoto hybného segmentu. Jako důsledek poté nastává nemožnost dynamické stabilizace a nerovnoměrné zatížení kloubních ploch. V dlouhodobém měřítku to může vést i k nadměrnému opotřebením jedné části kloubu. (Liebenson 2007)

Je zřejmé, že svalové dysbalance nevznikají pouze z monotónní podstaty sportovního tréninku, ale také z monotónní podstaty životního stylu velké množiny dnešní populace. Na podkladě specificity sportu a každodenní repetitivní činnosti vznikají adaptace organismu na danou zátěž. Tyto adaptace by měly nést benefit pro sportovní výkony sportovce, avšak nemusí být výhodné v dlouhodobém měřítku, kdy mohou být výrazné svalové dysbalance podkladem pro vyšší riziko zranění, a tedy zbrzdění tréninku a vývoje kariery. Vznik těchto sportovně specifických svalových dysbalancí je podpořen výzkumem netrénovaných mužských jedinců, rekreačních tenistů a profesionálních tenistů, kde byl měřen poměr sil mezi abdukci a addukci v ramenním kloubu. Netrénovaní jedinci prokazovali nejmenší dysbalanci s poměrem 0.82, u rekreačních tenistů tento poměr klesl na 0.76 a u profesionálních tenistů byl tento trend potvrzen s poměrem 0.70. obdobný výsledek prokázala studie provedena na plavcích a další na baseballistech u kterých v obou případech byl měřen poměr sil externí a vnitřní rotace v ramenním kloubu. (Wilk et al. 2002; Noffal 2003; Bak a Magnusson 1997)

Pravděpodobně nejvíce prozkoumanou dvojicí svalů, které jsou vzájemnými antagonisty jsou flexory a extenzory kolenního kloubu, tedy hamstringy a quadriceps. Měření H:Q torque ratio tedy poměr momentu sil výše zmíněných svalových skupin poskytuje vhled do stavu funkce kolenního kloubu. Tento údaj je využíván v rehabilitaci jako benchmark pro postup do další rehabilitační fáze po rekonstrukci ACL či jako možný ukazatel rizika zranění tohoto vazy. (Kellis et al. 2023)

Tato svalová imbalance může být dále rizikovým faktorem pro zranění hamstringů. Typické pro atlety či fotbalisty či ostatní sporty vyžadující kopání či sprintování je poranění hamstringů jedním z nejčastějších důvodů vynucené pauzy. Mezi lety 2007 a 2015 byla zaznamenávána zranění z mezinárodních atletických

mítinků, nejčastěji zasaženým svalem byla právě tato svalová skupina, tato lokalizace poranění tvořila 41 % všech zaznamenaných úrazů. (Macdonald et al. 2019; Edouard et al. 2016)

Podobné případy lze nalézt i pro ramenní kloub. Největším rizikovým faktorem zranění ramenního kloubu je přítomnost předešlého zranění této oblasti, druhým rizikovým faktorem pro zranění ramenního kloubu jsou jednoznačně overhead sporty. Při přetížení ramenního kloubu může docházet k impingementům, tendinopatiím či strukturálním lézím jako je SLAP či Bonybankart. Jednou z nejdůležitějších struktur chránících ramenní kloub je rotátorová manžeta. Tato skupina svalů chrání ramenní kloub proti superiorní dislokaci hlavice humeru, při aktivitě deltového svalu. Při nedostatečné aktivitě rotátorové manžety dochází ke zmenšování subakromiálního prostoru a může vznikat impingement šlachy svalu supraspinatus. (Chen et al. 1999)

Síla zevní rotace ramenního kloubu je velmi důležitá pro zbrždění pohybu paže při házecích pohybech. Zde je zjevná paralela mezi hamstringy a zevními rotátory ramenního kloubu. Oslabení tohoto pohybu vede k svalovým zraněním a přetížení úponu tohoto svalu u overhead sportovců. (Hess et al. 2005; Meister 2000)

Svalové dysbalance se však nevyskytují pouze ve vztahu agonisty a antagonisty či mezi synergisty, ale také o nich hovoříme při nerovnováze mezi dominantní a nedominantní končetinou. Výskyt rozdílu v síle dominantní a nedominantní končetiny je do určité míry přirozený. Za vážnou asymetrii se považuje stranový rozdíl mezi 10 a 15 %. Při překročení této hranice se hovoří o závažné dysbalanci a možném riziku zranění. Kontrola stranových asymetrií v síle svalů je důležitá také u návratu sportovců po operacích do zátěže, procentuální poměry sil často představují mezníky protokolů pro postup do dalších stádií rehabilitace. (Hadzic et al. 2010; Dvir 1996)

2.9.4 Problematika definice svalových dysbalancí

Jedním z hlavních kamenů úrazu těchto teorií je skutečnost, že pojem svalové dysbalance doposud nebyl přesně definován. Respektive nebyl ani definován stav svalové balance/rovnováhy. Ano, ve výukových zdrojích existují dogmata o funkční centraci kloubů, jež jsou biomechanické či neurofyziologické

definice ideálních stavů, ale doposud však tyto teorie řádně prozkoumány nebyly. (Schlumberger et al. 2006)

Evropská mezioborová společnost pro klinické a sportovní aplikace definuje stav svalové balance následovně: Nejsou-li překročeny kompenzační a adaptační kapacity pasivních (kloubní struktury, vazy) a aktivních (nervové řízení, svaly a úpony) elementů muskuloskeletálního systému a nastávají pouze biopozitivní adaptace, lze mluvit o všech aktivitách spadajících do těchto rámců jako o svalové rovnováze. (Schlumberger et al. 2006)

Tato definice však pouze představuje jakési mentální cvičení odborníků, jejíž praktické použití absentuje. Opravdové charakteristiky jedince jsou předurčeny jak dlouhodobou, tak krátkodobou historií zatížení těchto svalů, jak v aktivitách běžného denního života, tak v aktivitách sportovních. Individuální svalová výkonnost je tedy obrazem pohybových preferencí jedince. V moderním životě se vyskytuje velká míra rozlišení charakteristik svalové výkonnosti jedince. Shrneme-li to, je obtížné posoudit, kdo je normativní lidská bytost. Proto je někdy obtížné popsat, co je to svalová rovnováha, pokud jde o individuální adaptaci v moderních jednotlivcích. (Schlumberger et al. 2006)

2.10 Testování svalové síly

Testování svalové síly je užitečným nástrojem nejen fyzioterapeutů ale také lékařů a kondičních trenérů. Existuje více přístupů a nástrojů, které hodnotí různé aspekty svalové síly. Tyto přístupy se liší také potřebným vybavením či kvalitou a kvantitou dat, které nám daná metoda může poskytnout. Mezi možnosti využití se řadí vyšetření svalové síly pacientů po ortopedických operacích, pacientů s neurologickými diagnózami či pacientů s muskuloskeletálními onemocněními. Pomocí přesného testování svalové síly jsme schopni zhodnotit stav pacienta, ale také zhodnotit a zobjektivizovat efektivitu prováděné terapie, pokud je testování opakováno. V podobném duchu je testování svalové síly využíváno i v prostředí sportovním pro stanovení fyzické kondice sportovce například před začátkem přípravy na sezonu či pro zhodnocení efektu kondiční přípravy, kterou sportovec mimo sezonu podstoupil.

2.10.1 Izokinetická dynamometrie

Jakožto zlatý standard v objektivním zhodnocení svalové síly je považována izokinetická dynamometrie. Izokinetické dynamometry jsou přístroje schopné poskytnout mnohačetné údaje a modality, které popisují aspekty svalové síly. Maximální síla, vytrvalost, výkon, úhel maximální síly a silová křivka jsou údaje, které velmi podrobně popisují průběh izokinetické svalové kontrakce. Tento způsob měření je reliabilní a validní. (Verdijk et al. 2009)

Ačkoliv je izokinetická dynamometrie zlatým standardem v oboru, vstupní náklady jsou vysoké. Ceny těchto dynamometrů začínají na částkách 40 000 amerických dolarů, zatímco ceny ručních dynamometrů se pohybují okolo tisíce dolarů. K těmto nákladům se dále musí přičíst cena za údržbu, jež vyžaduje velmi specializovanou práci z hlediska mechanické i inženýrské stránky. (Gleeson a Mercer 1996)

2.10.2 Manuální testování síly

Nejdostupnější a nejčastěji používanou metodou je manuální svalové testování (MMT). Ačkoliv je tato subjektivní metoda dostupná a rychle proveditelná, má špatné psychometrické vlastnosti a vykazuje značná omezení při zjišťování změn síly v čase. (Knepler a Bohannon 1998)

Ačkoliv je manuální testování svalové síly často označováno za testy maximální intenzity, výzkum ukazuje že testy bývají pouze submaximální a neodhalují úplný potenciál testované svalové skupiny. Metod manuálního testování svalové síly je mnoho, využíváno je většinou izometrické kontrakce v maximálně zkrácené pozici svalu či přibližně v polovině jeho rozsahu pohybu. (Conable a Rosner 2011)

Metody MMT vykazují uspokojivou test-retest reliabilitu, avšak inter-rater reliabilita je nízká. Je tedy logickým doporučením, že by opakované testování svalové síly na daném jedinci měl provádět vždy ten samý profesionál. (Knepler a Bohannon 1998; Bohannon 2018)

2.10.3 Ruční dynamometrie

Ruční dynamometrii prvně popsali v roce 1915 Lovett a Martin, tato metoda využívá tlakového siloměru, který se vkládá mezi ruku klinického pracovníka a testovanou tělesnou část probanda. Vychází z pozic podobných manuálnímu testování svalové síly a poskytuje kvantifikovatelné měření síly. Na rozdíl od izokinetické dynamometrie je tato metodika měření velmi jednoduchá a levná a může být použita kdekoli. Měření nemusí probíhat na specializovaném pracovišti vybaveném drahými a nemovitými přístroji.

Systematická analýza 17 vědeckých studií, které jsou zaměřeny na srovnání izokinetické a ruční dynamometrie, uvádí, že ačkoliv HHD poskytuje menší množství informací, je tato metoda validní a reliabilní. (Stark et al. 2011)

Ruční dynamometrie má dobrou až vynikající spolehlivost a validitu pro většinu měření izometrické síly a výkonu dolních končetin u zdravé populace, zejména pro proximální svalové skupiny. (Mentiplay et al. 2015)

2.10.4 Izometrická (tahová) dynamometrie

Izometrická dynamometrie je jakýmsi hybridem mezi ruční a izokinetickou dynamometrií. Ačkoliv ruční dynamometrie měří také maximální sílu izometrické kontrakce, izometrická dynamometrie využívá tahového dynamometru nýbrž tlakového. Ten je vždy ukotven k pevnému bodu a dochází tak k eliminaci možných chybných provedení, které se mohou u HHD vyskytovat. Tento postup je čím dál častěji využíván k testování svalové síly dolních i horních končetin ve sportovně-rehabilitačním prostředí. Studie porovnávající izokinetickou a izometrickou dynamometrii se shodují, že je levná izometrická dynamometrie excelentní substitucí zlatého standardu. Navrch excelentní validity má izometrická tahová dynamometrie i skvělou intra-rater a inter-rater reliabilitu. (Beere et al. 2022; Romero-Franco et al. 2019; 2017)

2.11 Měřitelné ukazatele svalové síly

V této kapitole budou popsány jednotlivé modality, kterými lze charakterizovat svalovou sílu.

2.11.1 Maximální síla

Svalová síla je předpokladem pro funkční kapacitu v obecné populaci. Na druhé straně deficit ve svalové síle je spojován s fyzickými limitacemi. Z těchto důvodů je užitečné z pohledu fyzioterapeuta tuto proměnnou u svých pacientů monitorovat. Zjištění deficitu svalové síly je pro odborníka důležité nejen z pohledu funkce, ale také z pohledu možného neurologického deficitu, se kterým se fyzioterapeuti mohou setkávat na denní bázi. Na základě přesného vyšetření svalové síly, lze identifikovat a lokalizovat neurologický deficit, což je klíčové v adresné rehabilitaci neurologických obtíží. (Stevens et al. 2012; Kjølhede et al. 2015)

Vyšší maximální síla stisku je pozitivně spojena s delší životností. Toto tvrzení potvrzuje studie provedená na 2239 mužích, kde bylo mimo jiné ukazatele sledována síla stisku ve středních letech tedy mezi 56. a 68. rokem života. Probandi byli sledováni do konce jejich životů. Jedinci s nejdelší dobou dožití (79+) byli nejčastěji (2.5krát častěji) z první třetiny nejsilnějších probandů, co se týká síly stisku. (Rantanen et al. 2012)

Meta-analýza z roku 2020 dále spojuje nižší svalovou sílu a svalovou hmotu s nesamostatností ve stáří. Lidé starší 65 kteří jsou závislí na cizí pomoci v činnostech běžného dne (ADL, IADLs) mají pravděpodobněji nižší sílu, fyzickou vytrvalost a menší poměr svalové hmoty. (Wang et al. 2020)

Ze sportovního hlediska se maximální svalová síla považuje za jeden z nejdůležitějších faktorů rozhodujících o sportovním výkonu. Výzkumy prokazují, že silnější sportovci jsou častěji ve vyšších úrovních soutěží v porovnání s těmi slabšími. (Baker 2001; Barker et al. 1993)

Testování maximální izometrické svalové síly je také důvěryhodným ukazatelem svalové únavy a následné regenerace. (Ben Cheikh et al. 2017; Raeder et al. 2016)

2.11.2 Rate of force development – rychlost rozvoje síly

Úroveň rate of force development (RFD) tedy rychlosti rozvoje síly je velmi důležitým ukazatelem, z jehož měření můžeme vyčíst několik informací. Zjednodušeně řečeno se jedná o výkon, kterého je sval schopen dosáhnout. Dostatečné RFD je potřebné pro vykonání rychlé a silné svalové kontrakce. Takové kontrakce se vyskytují například v chůzi či rychlejších reakčních pohybech. Snížený svalový výkon je spojen s dřívějším stárnutím, může vést k vyššímu riziku pádů. Měření RFD tedy můžeme brát jako užitečný nástroj k odhadnutí rizika pádu. (Buckthorpe a Roi 2019)

Zatím ve vědecké populaci neexistuje konsenzus, jak přesně vypočítat RFD za pomoci izometrických kontrakcí. V současné době se používají různé metody výpočtu RFD z izometrických kontrakcí. Běžně používané metody zahrnují výpočet změny síly v průběhu změny času s diskrétními časovými intervaly od začátku kontrakce do 30, 50 nebo 100 ms. Nástup kontrakce byl však definován různými způsoby, včetně okamžiku, kdy hodnota síly překročí stanovenou hranici buďto absolutních hodnot, nebo procento maximálního volní kontrakce. Jiné metody výpočtu RFD zahrnují zkoumání po sobě jdoucích časových intervalů (např. 5 ms) během počátečního nárůstu síly, aby se určila maximální RFD v průběhu pokusu, nebo zkoumání RFD mezi procenty maximální síly (např. mezi 30 a 60 % maximální síly). (Taber et al. 2016)

Výkon svalového aparátu je velmi důležitým ukazatelem, který je sledován nejen ve vrcholovém sportu, ale také v medicínském prostředí. Ve sportu je považován za jednu z nejdůležitějších charakteristik předpovídající úspěch sportovce. Výkon pohybového aparátu je pozitivně spojován s rychlejším sprintem, schopností změnit směr, lepšími parametry hodů a nepřekvapivě s lepšími výsledky vzpěračských disciplín. Zvyšování svalového výkonu a jeho měření je dobrým předpokladem pro zvýšení úspěšnosti sportovce. Častou milnou představou také bývá, že u vytrvalostního sportu je hodnota maximálního výkonu či síly nepodstatná. Jakkoliv mnohé studie potvrzují důležitost těchto měřitelných ukazatelů, hrají kritickou roli v průběhu závodu, ale hlavně v situacích, kdy je potřeba maximálního úsilí, například v cílové rovině. (Noakes 1988; Paavolainen et al. 1999; Taber et al. 2016)

Síla může být uplatňována srze velký rozsah zátěží a rychlostí, mezi těmito veličinami funguje inverzní vztah. Pakliže zátěž roste, rychlost svalové kontrakce či pohybu klesá. Tento vztah popisuje křivka síly a rychlosti, na jejichž opačných koncích se nachází maximální rychlost a maximální zátěž neboli vyvinutá síla. Tato křivka je důležitým vztahem pro identifikaci maximálního výkonu, který se nachází uprostřed tohoto vztahu. (Taber et al. 2016)

2.12 Y-Balance test lower quater

Y-Balance test je jeden z nejvyužívanějších testů pro zhodnocení dynamické stabilizace dolní končetiny, která je důležitým aspektem v prevenci zranění sportovců. Deficit dynamické stabilizace dolní končetiny byl identifikován jako jeden z rizikových faktorů zranění dolní končetiny. (Butler et al. 2013)

Intervence zahrnující trénink dynamické stability dolní končetiny jsou četně zahrnuty v preventivních programech. Sportovci, kteří absolvovali preventivní program, vykazují vyšší dynamickou stabilizaci a neuromuskulární koordinaci dolní končetiny. Avšak samotný výstup z YBT-LQ nemůže sloužit jako samostatný prediktor možného budoucího zranění. Pouze při použití v kontextu dalších rizikových faktorů, může být výsledek tohoto testu užitečným nástrojem. (Plisky et al. 2021)

Herrington a kolektiv porovnával jedince s dřívějším zraněním předního zkříženého vazy s jedinci bez dřívějších zranění kolenního kloubu. Výkonnost skupiny zraněných byla v YBT LQ výrazně nižší oproti skupině bez předešlého zranění, a to jak u dolní končetiny s předešlým zraněním, tak u dolní končetiny předtím nezraněné. Tato studie poukazuje na možné propojení SEBT a YBT-LQ a rizikem zranění, avšak k praktickému využití ke snížení rizika zranění zbývá schopnost přesně určit, v které modalitě deficit spočívá. Modalitě ovlivňující provedení testu jsou svalová síla, výdrž či neuromuskulární kontrola. (Herrington et al. 2009)

Tento test komplexně testuje více různých aspektů důležitých pro sportovní výkon. YBT klade zvýšené nároky na sílu, flexibilitu, posturální stabilizaci, propiocepci a rovnováhu. (Plisky et al. 2021)

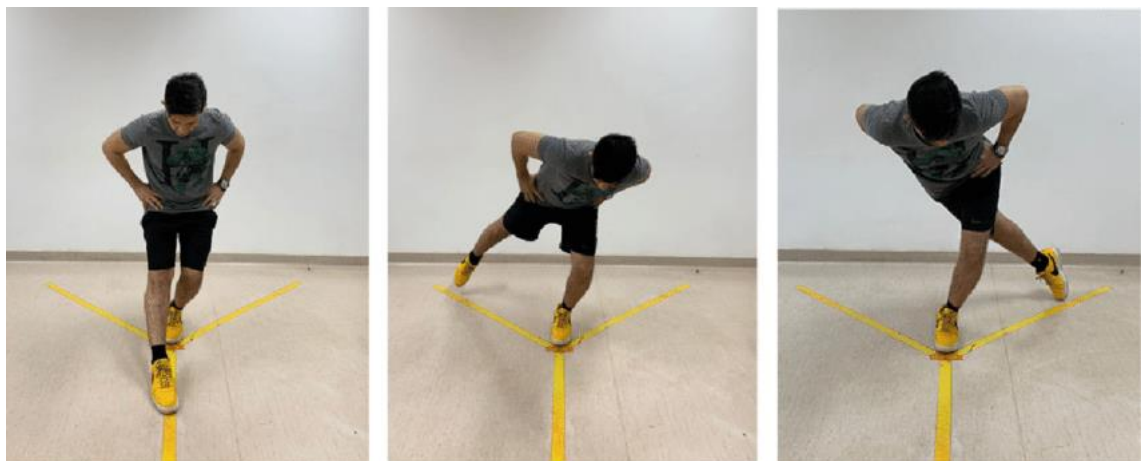
Síla svalů kyčelního kloubu je zásadní pro provedení YBT, zejména síla abdukce a extenze kyčelního kloubu je nejvíce spojována s pozitivním vlivem na výsledek v tomto testu. Autoři se shodují, že existuje pozitivní korelace mezi silou extenze kyčelního kloubu a všemi směry YBT. Ještě signifikantnější evidence existuje u síly v pohybu do abdukce. (Wilson et al. 2018; Hubbard et al. 2007; Lee et al. 2014)

Neméně důležitá je i síla svalů kolenního kloubu. Víceru výzkumů uvádí, že především síla flexorů kolenního kloubu je důležitá pro provedení YBT

s dostatečnou statistickou významností. Dále existuje korelace mezi silou extenze kolenního kloubu a anteriorním a posteromediálním dosahem. (Erdman et al. 2021; Lee et al. 2014)

Průzkum spojitostí síly jednotlivých svalových skupin dolní končetiny a výkonu v tomto funkčním pohybovém testu je důležitý, protože při správné identifikaci nejslabšího článku, lze jednoduše daný sval posílit a zvýšit tak výkonnost v uvedeném testu. To je důležité pro potenciální prevenci zranění.

Výskyt stranových asymetrií ve výsledcích je běžný. Při výskytu rozdílu vyšším než 4 cm v jakémkoliv směru či rozdílu vyšším než 16 % u kompozitního skóre se u populace středoškolských basketbalistů vyskytlo vyšší riziko bezkontaktního zranění dolní končetiny. (Plisky et al. 2021) K obdobnému závěru došla i studie provedená vysokoškolských sportovců 1. divize. (Smith et al. 2015)



Obrázek 1 - Provedení Y-balance testu (převzato z: Manoel 2015)

2.12.1 Průběh měření Y-balance testu

Provedení testu začíná vytvořením kříže na zemi, který je složen ze tří paprsků, které mezi sebou svírají úhel dvakrát 135° a jednou 90° . Testovaný jedinec se postaví špičkou na kříž tak, aby osa chodidla byla rovnoběžná s jedním ze tří paprsků, který svírá se sousedními paprsky z obou stran 135° . Lze také využít testovací sadu od výrobce FMT Y-Balance Test Kit. Proband se postaví na jednu nohu a drží ruce v bok po celou dobu provedení testu. Následně se snaží špičkou odlehčené nohy dosáhnout co nejdále v anteriorním, posteromediálním a posterolaterálním směrem bez ztráty rovnováhy. Proband má vždy tři pokusy na každý směr, vybírá se nejlepší dosažený výsledek. Nejenom jednotlivé výsledky

jsou zvažovány při vyhodnocení YBT-LQ, je možné také vypočítat kompozitní skóre, což je průměr výsledků ze všech tří směrů. Autoři Plisky a kolektiv (2009) definovali doporučený postup měření. Střídání končetin je důležité pro odpočinek stejné dolní končetiny, aby byl vždy podán maximální možný výkon.

- 1) pravá dolní končetina – anteriorní směr (3 pokusy),
- 2) levá dolní končetina – anteriorní směr (3 pokusy),
- 3) pravá dolní končetina – posteromediální směr (3 pokusy),
- 4) levá dolní končetina – posteromediální směr (3 pokusy),
- 5) pravá dolní končetina – posterolaterální směr (3 pokusy),
- 6) levá dolní končetina – posterolaterální směr (3 pokusy) (Cook a Plisky, 2015).

Autoři dále definovali metodologické pokyny:

- Testování je provedeno na boso
- Záznam hodnot se provádí u stejné dolní končetiny
- Před měřením probíhá 6 zkušebních pokusů na každé dolní končetině
- Při provádění posunu musí být špička v kontaktu s červenou plochou posuvného kvádru, ten nesmí být probandem odkopnut
- Posuvný kvádr nesmí být využit pro kontrolu stoje, chodidlo nesmí spočívat na horní ploše kvádru
- V případě nepochopení pouze zopakovat pokyny, proband nesmí být koučován (Cook a Plisky, 2015)

2.12.2 Validita a reliabilita testu

Mnoho studií potvrzuje jeho excelentní inter-rater a intra-rater reliabilitu. Stabilita dolní končetiny je úzce provázána se silou svalů dolních končetin. Hodnoty Intraclass Correlation Coefficient jsou vysoké u vícero autorů. Hodnoty ICC se pohybují v rozmezí 0,80 až 1,00 v uvedených studiích. (Powden et al. 2019; Plisky et al. 2021)

Obdobné hodnoty reliability jsou prokázány i u kompozitního skóre. (Almeida et al. 2017)

2.13 Rešeršní přehled

Výzkum metody rPMS je vzhledem k nízkému stáří této metody neobsáhlý a je zde velký potenciál pro další vědecké bádání. Určité účinky, které byly popsány ve stejnojmenné kapitole jsou však již prokázány. V hledáčku vědecké obce spočívá převážně neurorehabilitační využití této metody. Práce, které se zabývají myostimulačním či svalově hypertrofickým účinkem existují v řádu vyšších jednotek či nižších desítek.

Doposud nejkomplexnější studií zkoumající účinek rPMS na svalovou sílu publikoval kolektiv Shin-seung Yanga. Tato jednostranně zaslepená studie provedená na zdravé populaci zkoumala efekt rPMS na svalovou sílu kvadricepsu a průsvit svalu (CSA) na sonografickém vyšetření. Výzkumný soubor 40 probandů byl náhodně rozdělen do kontrolní a experimentální skupiny. Experimentální skupina podstoupila 15 stimulačních jednotek o délce 15 minut v maximální tolerovatelné intenzitě. Na začátku studie nebyly rozdíly v síle ani CSA mezi skupinami. Po pěti týdnech intervence byl změřen signifikantní nárůst síly pomocí izokinetické dynamometrie. Změny mohutnosti tedy CSA po pětítýdenní intervenci nebylo u experimentální skupiny dosaženo. (Yang et al. 2017)

O rok později byl zkoumán efekt rPMS na posílení vastus lateralis (VL) po operaci kyčelního kloubu. Obdobně jako u studie předešlé bylo u experimentální skupiny aplikováno 15 stimulačních jednotek, které tentokrát byly rozmístěny do období tří týdnů po operaci. Kontrolní skupina podstoupila předstírané terapie. Obě skupiny v průběhu studie podstupovaly konvenční fyzikální terapii. Síla VL byla měřena povrchovou elektromyografií. Byla měřena rychlost chůze a zaznamenána vizuální analogová škála bolestivosti. Výsledkem rPMS bylo signifikantnější zlepšení svalové síly a zrychlení chůze u experimentální skupiny. Bolestivost se však v porovnání s kontrolní skupinou nelišila. (Baek et al. 2018)

Tyto dvě studie sledovaly účinek rPMS na určité aspekty svalové výkonnosti po třech, respektive pěti týdnech intervencí. Okamžitý účinek rPMS je podrobněji prozkoumaný z hlediska aktivity CNS. Okamžitý účinek rPMS na svalovou sílu a zapojení se stimulovaných svalů do pohybového stereotypu prozkoumaný doposud nebyl. Nejblíže se těmto požadavkům přibližuje studie sledující efekt rPMS aplikované po cvičení nízké intenzity na tloušťku sledovaných

svalů. Ultrazvukové vyšetření průsvitu svalů vastus lateralis a rectus femoris bylo provedeno před intervencí, mezi cvičením a stimulací a po stimulaci. Myšlenkovým pochodem za touto studií je fakt, že svalový otok po cvičení je spojován s budoucí hypertrofií. Hodnoty průsvitu byly u obou sledovaných svalů signifikantně vyšší po cvičení nízké intenzity, avšak po stimulaci rPMS hodnoty u jednoho svalu (RF) klesly a u druhého (VL) mírně stouply nesignifikantně. (Hirono et al. 2021)

Využití rPMS nabízí široké spektrum možných využití v rehabilitační praxi. Nejčastěji se tento přístup aplikuje s cílem relaxovat konkrétní svalovou skupinu nebo, což je ještě častější, stimulovat sval tak, aby se lépe integroval do specifických pohybových vzorců. Avšak, přestože existuje mnoho empirických a anekdotálních důkazů o účinnosti tohoto přístupu, výzkum s vyšší metodologickou kvalitou zatím chybí. Některé studie naznačují, že stimulace vede k následnému zapojení svalu do pohybu a možné ovlivnění kortikální aktivity příslušných motorických oblastí, avšak tyto poznatky jsou zatím spíše hypotetické a potřebují potvrzení. Zohlednění této problematiky je klíčové pro experimentální část této práce, která se zaměřuje na zkoumání okamžitého účinku rPMS na svalovou sílu, korekci svalových dysbalancí či zapojení stimulovaného svalu do komplexního pohybového stereotypu.

3 Úkoly a cíle práce, vědecké otázky a hypotézy

3.1 Cíle práce

Cílem této práce je zjistit okamžitý účinek „repetitivní periferní magnetické stimulace“ (rPMS) na svalovou sílu a zapojení stimulovaných svalů do pohybových stereotypů. Definování těchto otázek je založeno na snaze objektivizovat a sledovat účinek rPMS na svalovou tkáň. Byly zvoleny testy, které hodnotí funkci a zapojení stimulované svalové skupiny do komplexního hybného stereotypu.

Dále je cílem nalezení odpovědí na stanovené otázky a potvrzení či vyvrácení hypotéz.

3.2 Úkoly práce

- I. Vyhledání a studium dostupných relevantních zdrojů zabývajících se danou tematikou, kompilace poznatků o repetitivně periferní magnetické stimulaci a jejich účincích. Sumarizace poznatků o svalových dysbalancích.
- II. Zpracování existujících podkladů a dosavadních poznatků v teoretické části diplomové práce.
- III. Vytvoření testovací baterie, která efektivně zhodnotí sílu a funkci testovaných svalových skupin.
- IV. Zajištění dostatečně početné skupiny probandů, kteří splňují předem stanovená kritéria.
- V. Aplikace rPMS
- VI. Porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny za pomoci statistické analýzy.

3.3 Vědecké otázky výzkumu

OTÁZKA 1: Je repetitivní periferní magnetická stimulace účinným nástrojem k zvýšení svalové síly dané svalové skupiny?

OTÁZKA 2: Je repetitivní periferní magnetická stimulace účinným nástrojem k aktivaci daného svalu pro zapojení do globálních pohybových vzorců?

OTÁZKA 3: Je repetitivní periferní magnetická stimulace účinným nástrojem ke korekci bilaterální svalových asymetrií?

3.4 Hypotézy výzkumu:

HYPOTÉZA 1: rPMS zvyšuje okamžitou maximální volní izometrickou sílu svalu nebo svalové skupiny.¹

HYPOTÉZA 2: rPMS má pozitivní vliv na změnu kvantity provedení sledovaného funkčního testu ve smyslu zvýšení dosahu v YBT.²

HYPOTÉZA 3: rPMS má pozitivní vliv na snížení bilaterálních svalových dysbalancí³

¹ Tato hypotéza bude testována na hladině spolehlivosti $p=0.05$

² Tato hypotéza bude testována na hladině spolehlivosti $p=0.05$

³ Tato hypotéza bude testována na hladině spolehlivosti $p=0.05$

4 Metodika práce

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou část, ve které jsou zpracována teoretická východiska, a část experimentální, která podrobně popisuje provedení experimentu.

4.1 Zpracování teoretických východisek práce

Jako zdroj teoretických východisek byly využity prameny elektronické i tištěné v naprosté většině zahraniční. Velkou část tvořila odborná periodika a vědecké články v menším zastoupení byly využity monografie.

Odborná literatura byla vyhledávána na vědeckých databázích PubMed, Web of Science a Google Scholar. Zdroje použité v práci jsou citovány v referenčním seznamu a pro vytvoření citací v citační normě ČSN ISO 690 v harvardském systému (ČSN ISO 690, 2022). Pro vytvoření referenčního seznamu byl využit citační manažer Zotero. (verze 6 pro Mac)

4.2 Design Výzkumu

Výzkum byl navržen ve formě intervenčního experimentu. Bylo sledováno 5 závislých proměnných.

- Y-balance test anteriorní směr
- Y-balance test posterolaterální směr
- Y-balance test posteromediální směr
- Isometrická dynamometrie: maximální volní síla extenze kolenního kloubu
- Isometrická dynamometrie: maximální volní síla extenze kyčelního kloubu

Jako nezávislá proměnná byla zvolena realizace/nerealizace intervence.

4.3 Popis výzkumného souboru

Základní soubor experimentu tvoří všichni sportovci nejmenovaného resortního sportovního centra. Do experimentu bylo náhodným výběrem zvoleno 40 probandů, 18 mužů a 22 žen s věkovým průměrem 24,4 ($\pm 3,8$) let a BMI 21,73 ($\pm 1,6$) kteří jsou profesionálními sportovci v nejmenovaném resortním sportovním

centru. Všichni probandi jsou profesionální sportovci s pravidelnými tréninky v průměru 2,8 ($\pm 1,2$) hodin za den a s průměrem 10,2 ($\pm 2,5$) let zkušeností ve svém sportu. Hlavním kritériem pro výběr sportovců byla absence aktuálního zranění a schopnost podstoupit trénink v plné zátěži u všech probandů. Žádný z probandů netrpěl v průběhu testování žádnými zdravotními komplikacemi, které by mohly ovlivnit výsledky měření. Všichni probandi byli s průběhem měření předem obeznámeni a všichni také podepsali informovaný souhlas. Poslední trénink podstoupili všichni probandi minimálně 12 hodin před měřením.

Všichni probandi byli starší 18 let. Experimentu se zúčastnili dobrovolně, byli seznámeni s průběhem experimentu a před provedením stvrdili podpisem informovaný souhlas (viz příloha). Zahrnutí lidských subjektů do této experimentální studie bylo schváleno etickou komisí UK FTVS dne 21. 2. 2024 v Praze pod číslem jednacím 94/2023.

4.4 Intervence

Všechna měření proběhla v únoru a březnu roku 2024. Pro repetitivní periferní magnetickou stimulaci byl využit přístroj BTL-6000 Super Inductive System. Intervenci jsem prováděl sám v rehabilitačním centru nejmenovaného resortního sportovního centra.

Probandi byli náhodně rozděleni do dvou skupin, každý proband si vytáhl lístek z krabice, ve které bylo ze začátku experimentu 20 lístků s nápisem „experimentální“ a 20 lístků s nápisem „kontrolní“. Vytažené lístky se nevracely zpět do osudí.

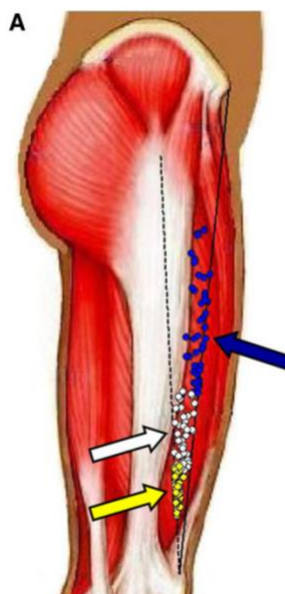
Experimentální skupina se skládala z 11 žen a 9 mužů s průměrným BMI 21,8 ($\pm 1,58$) a věkem 24,45 ($\pm 3,9$) let. Skupina kontrolní se skládala z 11 žen a 9 mužů s průměrným BMI 21,69 ($\pm 1,62$) a věkem 24,25 (± 4) let.

Před intervencí proběhlo odebrání vstupních dat a vstupní měření, které je blíže popsáno v následující kapitole.

V experimentální skupině byla aplikována repetitivně magnetická stimulace na nedominantní dolní končetinu. Na přístroji BTL 6000 SIS byl zvolen program svalové stimulace. Tento program je 8 minut dlouhý a byl aplikován celkem dvakrát na nedominantní končetinu na svaly gluteus medius a laterální hlavu svalu kvadriceps femoris tedy vastus lateralis. Intenzita procedury je nastavována na procentuální škále výkonnosti fokusovaného aplikátoru, jehož maximální intenzita magnetického pole je 2.5 Tesla. Intenzita je nastavena vždy (nad)prahově motorická. Fokusovaný aplikátor se přikládá nad motorický bod daného svalu. Umístění aplikátoru bylo stanoveno na základě předešlého výzkumu motorických bodů.

U stimulace svalu gluteus maximus byl pacient v pronační poloze na lehátku. Byla vypalována horní hranice svalu piriformis, nad kterou se přibližně doprostřed spojnice spina iliaca superior posterior a horní hranice trochanter major přikládala hlavice aplikátoru. (Botte et al. 1991)

U stimulace svalu vastus lateralis ležel proband v supinační poloze na lehátku s lehce podloženými koleny, aplikátor byl přikládán do pozice kopírující motorický bod svalu popsany atlasem motorických bodů pro dolní končetinu. Nejdříve byla nalezena spojnice mezi spina iliaca anterior superior a apexem patelly, následně byla přiložen aplikátor do oblasti odpovídající modré šipce na diagramu. (viz obrázek) (Botter et al. 2011)



Obrázek 2 - Diagram motorických bodů svalu vastus lateralis. Modré šipky indikují průměr modře vyznačených oblastí, podle kterého byl přihlédán aplikátor. (převzato z Botter et al. 2011)

Kontrolní skupina nepodstoupila intervenci. Namísto intervence byla instruována k setrvání v klidu po dobu odpovídající délce stimulace u skupiny experimentální tedy 16 minut. Obě skupiny podstoupily vstupní a výstupní měření ve stejném rozsahu i obsahu. Měření je blíže popsáno v následující kapitole.

4.5 Použité metody

Testování bylo provedeno v rehabilitačních prostorách nejmenovaného resortního sportovního centra. Před testováním proběhlo krátké zahřátí ve formě poskoků na místě (2 min), poté následovalo krátké dynamické rozcvičení (5 min), zaměřené na svaly, které byly následně testovány. Toto rozcvičení zahrnovalo 4 cviky (dřep, výpad, kyčelní ohyb ve stoje, pánevní most) které byly prováděny po dobu 40 sekund a byly odděleny 20sekundovou pauzou. Všechny cviky byly prováděny s vlastní vahou.

Pro získání vstupních a výstupních dat bylo zvoleno celkem 5 testů. Celé testování bylo provedeno v předem určeném pořadí (protokol testování viz níže). Byly testovány tři směry Y-balance test lower quater a za pomoci izometrické dynamometrie byla testována svalová síla extenzorů kyčelního kloubu a extenzorů kolenního kloubu, především svalů gluteus maximus a kvadriceps femoris. Byly vybrány pozice, které omezují aktivitu synergistických svalů na maximální možné minimum. (Mentiplay et al. 2015)

Testování YBT bylo provedeno standardním protokolem, kdy byly u každého směru (anteriorní, posteromediální, posterolaterální) tři maximální pokusy, z těch byl vypočítán průměr. Proband byl poučen o správném a chybném provedení, v případě výskytu chyby, byl proband přerušen a pokus opakován. Mezi chyby v provedení se řadí odkopnutí testovacího kvádru, neschopnost návratu do rovnovážné pozice, ztráta rovnováhy.

Před samotným testováním byly probandům sděleny následující slovní pokyny:

1. V případě vzniku bolesti při provedení testu uveďte tuto skutečnost řešiteli
2. Položte chodidlo na střed statické platformy a zarovnejte prsty podle vyznačené linie.
3. Ve stoji na jedné dolní končetině na statické platformě posuňte druhou dolní končetinou posuvný kvádr přes kontakt špičky s boční (červenou) stranou posuvného bloku co nejdále.
4. Dosahová dolní končetina musí být špičkou v kontaktu s posuvným blokem v celém průběhu pokusu (není dovoleno kopnout do posuvného bloku).
5. Není dovoleno používat posuvný blok pro podporu stoje, tedy není povolený dotek s vrchní částí posuvného bloku.
6. Vraťte se dosahovou dolní končetinou kontrolovaně do výchozí polohy, povolené je uložení dosahové dolní končetiny vedle statické platformy po ukončení pokusu.

Po provedení YBT následovalo dynamometrické vyšetření maximální izometrické svalové síly extenzorů kyčelního a kolenního kloubu. Měření bylo

provedeno za pomoci tahového dynamometru Tindeg The Progressor 300, s přesností 0,1 % F.S. a kotníkového adaptéru značky Powersystems. Byla měřena maximální isometrická síla extenze kolenního a kyčelního kloubu. Pro měření byly využity pozice, které vykazují vysokou reliabilitu a izolaci testované svalové skupiny či svalu. Jedno měření představovalo maximální úsilí o testovaný pohyb trvající 3-5 sekund. Každé měření bylo oddělené 90sekundovou pauzou. Probandi byli motivováni řešitelem k maximálnímu úsilí předepsaným a neměnným způsobem. Ze 3 pokusů byl následně vždy vybrán ten nejlepší. Dynamometr Tindeg the progressor byl spuštěn v programu Peak load a zaznamenal nejvyšší naměřenou hodnotu v průběhu každého pokusu.

Extenze kolenního kloubu byla měřena v pozici v sedě na okraji terapeutického lehátka s nastavením kolenního kloubu v 60° flexi. Proband byl popruhem přes stehna ukotven k lehátku, aby nedocházelo k přepadnutí. Nad úroveň maleolů byl připevněn kotníkový adaptér, který byl karabinou zaháknut v sérii s tahovým dynamometrem Tindeg, který byl ukotven další karabinou k pevné kotvě. Osa bérce a osa tahu testovacího aparátu svírá úhel 90°. (Mentiplay et al. 2015)



Obrázek 3 - Provedení testu extenze kolenního kloubu (vlastní tvorba, 2024)

Extenze kyčelního kloubu byla měřena v pronační poloze na lehátku. Záslepka otvoru pro obličej byla vyndána a skrze tento otvor byl protažen popruh pro upevnění k distální části stehna. Na popruh byl karabinou připojen do série tahový dynamometr, který byl pevně ukotven. Osa tahu měřícího aparátu svírala úhel 90° s podélnou osou stehna měřené končetiny. Při pokusu byl proband zainstruován k 90°flexi kolenního kloubu měřené dolní končetiny k omezení aktivity hamstringů a následně byl vyzván k maximálnímu úsilí o extenzi kyčelního kloubu. Proband byl předem varován, aby neodlepoval pánev od podložky. (Mentiplay et al. 2015)



Obrázek 4 - Provedení testu extenze kyčelního kloubu (vlastní tvorba, 2024)

Celý protokol testování probíhal v následujícím pořadí.

1. YBT –
 - a. pravá dolní končetina – anteriorní směr (3 pokusy),
 - b. levá dolní končetina – anteriorní směr (3 pokusy),
 - c. pravá dolní končetina – posteromediální směr (3 pokusy),
 - d. levá dolní končetina – posteromediální směr (3 pokusy),
 - e. pravá dolní končetina – posterolaterální směr (3 pokusy),
 - f. levá dolní končetina – posterolaterální směr (3 pokusy)
2. Dynamometrie
 - a. Extenze kolenního kloubu, 3 pokusy navazující na sebe, následně výměna testované DK
 - b. Extenze kyčelního kloubu. 3 pokusy navazující na sebe, následně výměna testované DK

Výsledky těchto testů byly zapsány fyzickou formou do vytištěných tabulek.

Následně byla provedena stimulace svalů VL a gluteus maximus za pomoci přístroje BTL-6000 superinductive system. Viz intervence.

Po intervenci/ proběhlo měření ve stejném rozsahu i obsahu jako měření vstupní.

4.6 Analýza dat

Vstupní a výstupní údaje Y balance testu byly změřeny pomocí FMT Y-balance Test Kit. Dynamometrie byla změřena za pomoci tahového dynamometru Tindeq The Progressor 300. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek v programu Microsoft Office Excel 2016. Data byla následně statisticky zpracována ve statistickém rozhraní R studio (Posit team, 2024, Boston – MA). V naměřených hodnotách dynamometrie byly identifikovány a vyloučeny odlehle hodnoty vzdálené více než 1,5násobek mezikvartilového rozpětí od horního, resp. dolního kvartilu. Normalita dat byla graficky ověřena za pomoci Q-Q plotu. Pro ověření hypotéz byl využit párový T-test s Benjamini-Hochbergovo korekcí p hodnoty. Hladina významnosti α byla pro všechny testy stanovena na hodnotu 0,05.

Párový T-test je vhodný pro ověření statisticky významných rozdílů mezi tzv. párovými daty – tedy pozorování, která jsou určitým způsobem na sobě závislá (typicky mající společný subjekt hodnocení). V případě této práce je tento předpoklad splněn porovnáním dvou populací naměřených hodnot u stejného probanda v rozdílném čase před a po provedení intervence. Párový T-test byl jednotlivě proveden pro všechna měření, tedy pro Y-balance test a měření dynamometrické síly u experimentální i kontrolní skupiny. Vypočtená p-hodnota byla upravena Benjamini-Hochbergovo korekcí a porovnána se stanovenou hladinou významnosti. Nulová hypotéza, tedy že párová měření mezi sebou nejsou statisticky významně rozdílná, je zamítnuta, pokud je vypočtená p-hodnota byla nižší, než stanovená hladina významnosti 5 %. (Neubauer et al. 2016)

5 Výsledky práce

V této kapitole jsou zaznamenány výsledky testování síly a pracovní kapacity Y-balance testu a dynamometrie. Statisticky zpracované výsledky jsou uvedeny v tabulkách a graficky znázorněny v Box plot grafech. Statisticky nezpracovaná data jsou uvedena v příloze.

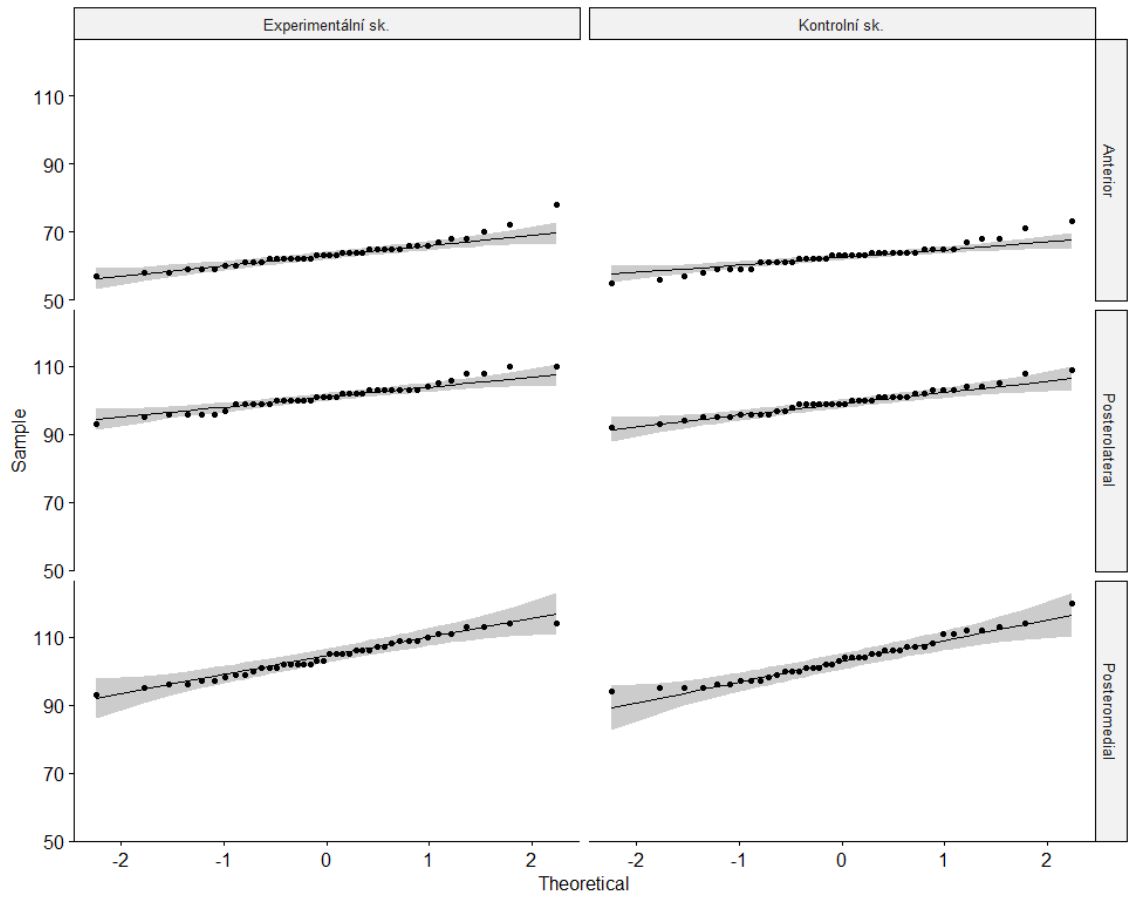
5.1 Výsledky měření Y-balance test

Výsledky byly zkontrolovány pro normalitu pomocí Q-Q plotu (tab. 1.1). Výsledky u experimentální skupiny vyšly ve všech třech směrech YBT pozitivně a statisticky významné. Došlo ke zlepšení v průměru o 2,82 centimetrů po stimulační intervenci. Oproti tomu u kontrolní skupiny nedocházelo k výrazným zlepšením. Ač byly výsledky kontrolní skupiny ve všech směrech s průměrným rozdílem 0,7 cm (min. rozdíl 0,1 cm, max. rozdíl 1,35 cm) tato data nebyla statisticky významná s hodnotami čísla p v rozmezí 0,83 až 0,741.

	Mean \pm sd			párový T-test
	test	retest	prům. diference	p hodnota
Souhrn Y-balance testu				
pro jednotlivé směry před a po intervenci				
Anterior				
Experimentální sk.	62.45 \pm 3.4	64.60 \pm 4.4	2.15 \pm 2.1	< .001***
Kontrolní sk.	62.40 \pm 3.2	63.10 \pm 4.1	0.70 \pm 1.6	.083
Posterolateral				
Experimentální sk.	99.45 \pm 3.5	102.95 \pm 3.4	3.50 \pm 2.3	< .001***
Kontrolní sk.	99.45 \pm 3.5	99.55 \pm 4.0	0.10 \pm 1.3	.741
Posteromedial				
Experimentální sk.	102.65 \pm 5.5	105.45 \pm 5.3	2.80 \pm 2.4	< .001***
Kontrolní sk.	102.70 \pm 5.5	104.05 \pm 6.8	1.35 \pm 3.0	.083

párový T-test s Benjamini-Hochbergovou korekcí p hodnoty

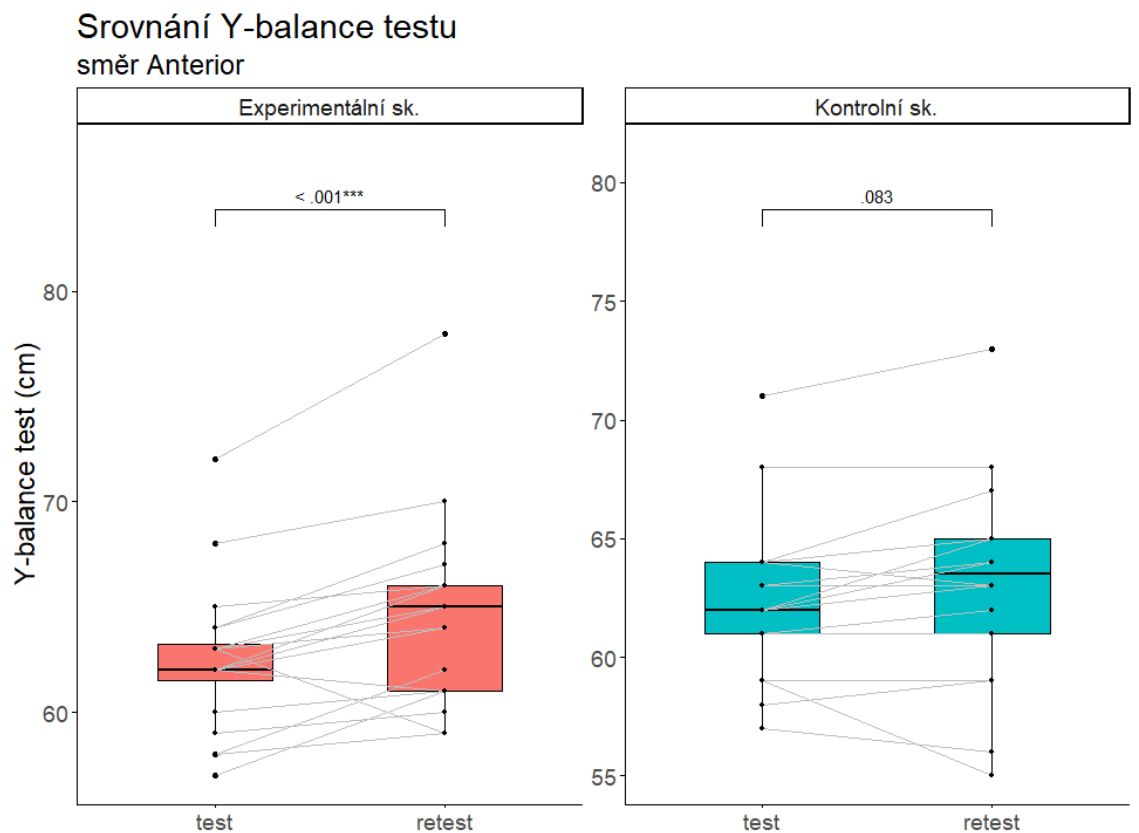
Tabulka 1 - Souhrn výsledků Y-balance testu



Graf 1 - Q-Q plot pro zhodnocení normality výsledků Y-balance testu

5.1.1 Anteriorní směr

U experimentální skupiny dochází ke zlepšení dosahu v tomto směru z 62,45 ($\pm 3,4$) cm na 64,60 ($\pm 4,4$) cm s hodnotou $p = < 0,001$. U skupiny kontrolní dochází ke zlepšení dosahu v tomto směru z 62,40 ($\pm 3,2$) cm na 63,1 ($\pm 4,1$) cm s hodnotou statistické významnosti $p = 0,76$. Rozdíl v průměrných hodnotách mezi vstupním a výstupním testem byl u experimentální skupiny 2,15 ($\pm 2,1$) cm, zatímco u kontrolní skupiny pouze 0,7 ($\pm 1,6$) cm.

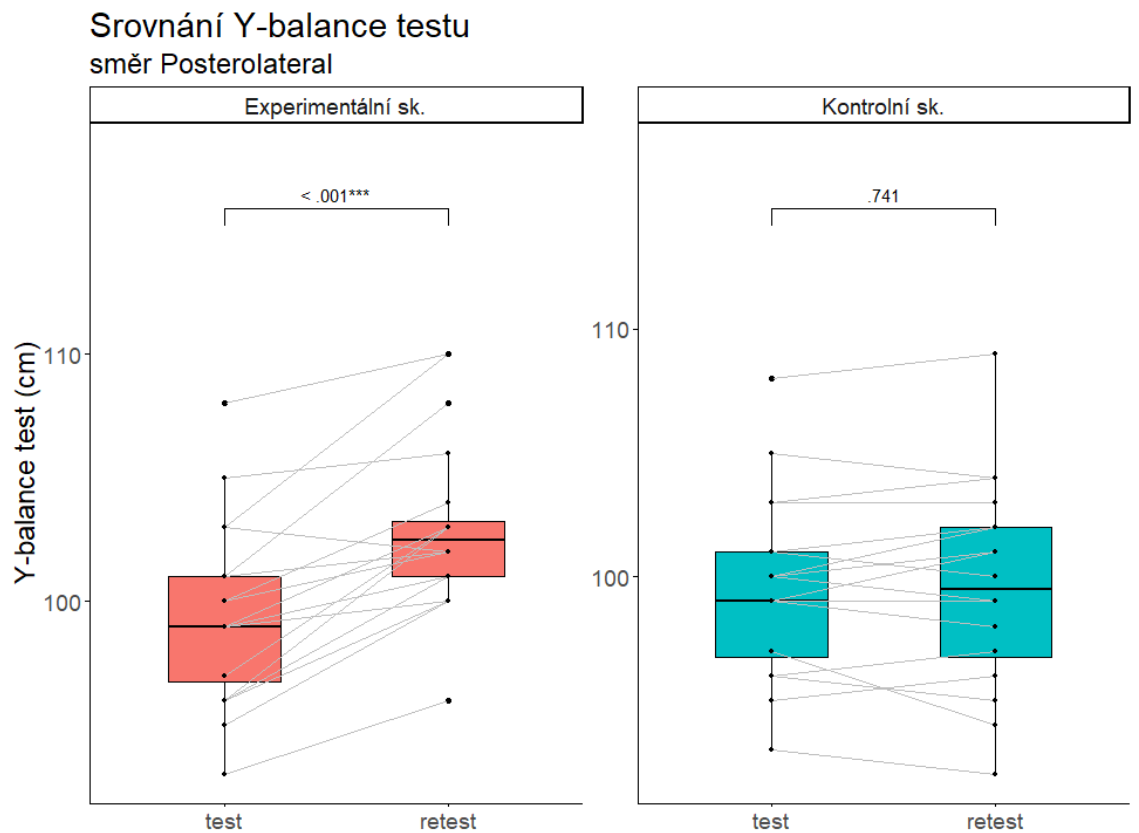


párový T-test s Benjamini–Hochbergovou korekcí p hodnoty

Graf 2 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru anterior ($n=40$)

5.1.2 Posterolaterální směr

U experimentální skupiny dochází ke zlepšení výsledků v tomto směru z 99,45 ($\pm 3,5$) cm na 102,95 ($\pm 3,4$) cm s hodnotou $p = < 0,001$. U skupiny kontrolní k mírnému zlepšení v provedení testu v tomto směru. Hodnota 99,45 ($\pm 3,5$) cm ze vstupního měření stoupne na 99,55 ($\pm 4,0$) cm s hodnotou statistické významnosti $p = 0,741$. Rozdíl v průměrných hodnotách mezi vstupním a výstupním testem byl u experimentální skupiny 3,5 ($\pm 2,3$) cm, zatímco u kontrolní skupiny pouze 0,1 ($\pm 1,3$) cm.

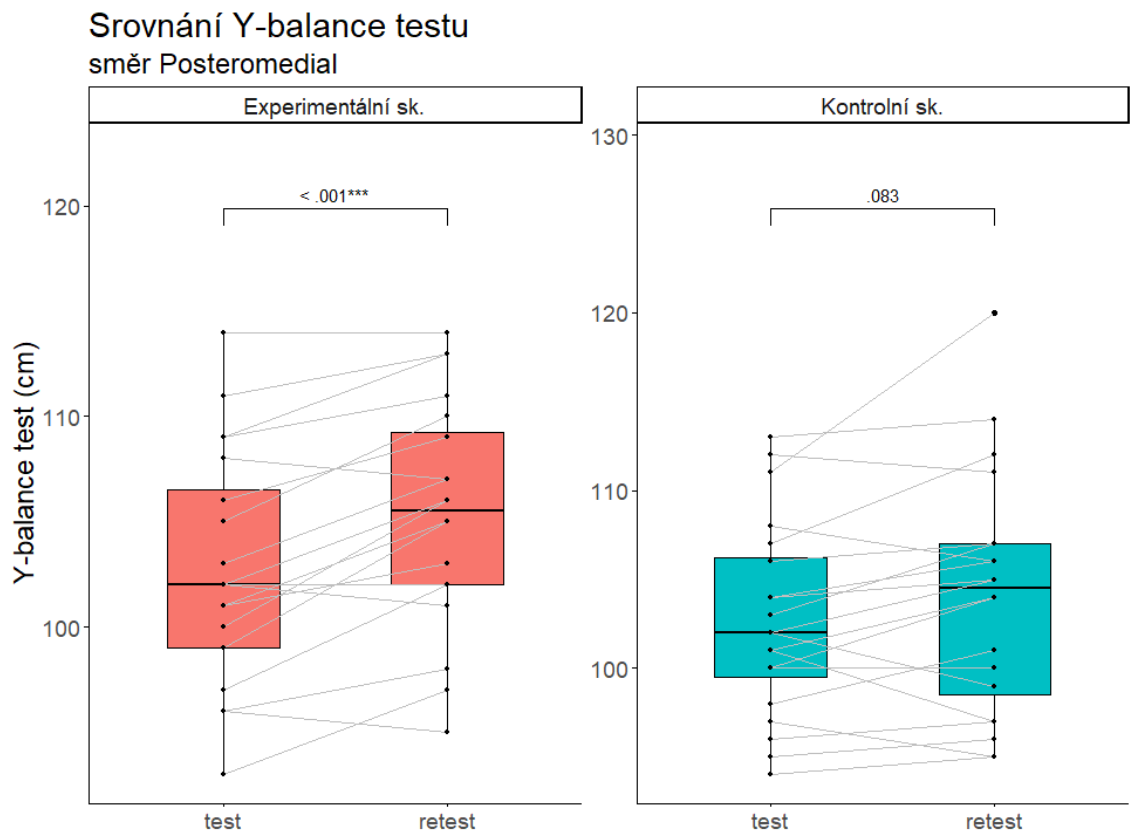


párový T-test s Benjamini–Hochbergovou korekcí p hodnoty

Graf 3 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posterolateral (n=40)

5.1.3 Posteromediální směr

U experimentální skupiny dochází ke zlepšení výsledků v tomto směru z 102,65 ($\pm 5,5$) cm na 105,45 ($\pm 5,3$) cm s hodnotou $p = < 0,001$. U skupiny kontrolní k mírnému zlepšení v provedení testu v tomto směru. Hodnota 102,70 ($\pm 5,5$) cm ze vstupního měření stoupne na 104,05 ($\pm 6,8$) cm s hodnotou statistické významnosti $p = 0,083$. Rozdíl v průměrných hodnotách mezi vstupním a výstupním testem byl u experimentální skupiny 2,8 ($\pm 2,4$) cm, zatímco u kontrolní skupiny pouze 1,35 ($\pm 3,0$) cm.



párový T-test s Benjamini–Hochbergovou korekcí p hodnoty

Graf 4 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posteromedial ($n=40$)

5.2 Výsledky měření izometrické dynamometrie

Výsledky byly zkontrolovány pro normalitu pomocí Q-Q plotu (graf 5 a 6). Data byla normalizována pomocí filtru pro vyřazení abnormálních dat (graf 6). Výsledky u experimentální skupiny vyšly v obou testovaných pohybech pozitivně a statisticky významně. U kontrolní skupiny došlo u testu extenze kolenního kloubu dokonce k mírnému, avšak statisticky nevýznamnému, zhoršení.

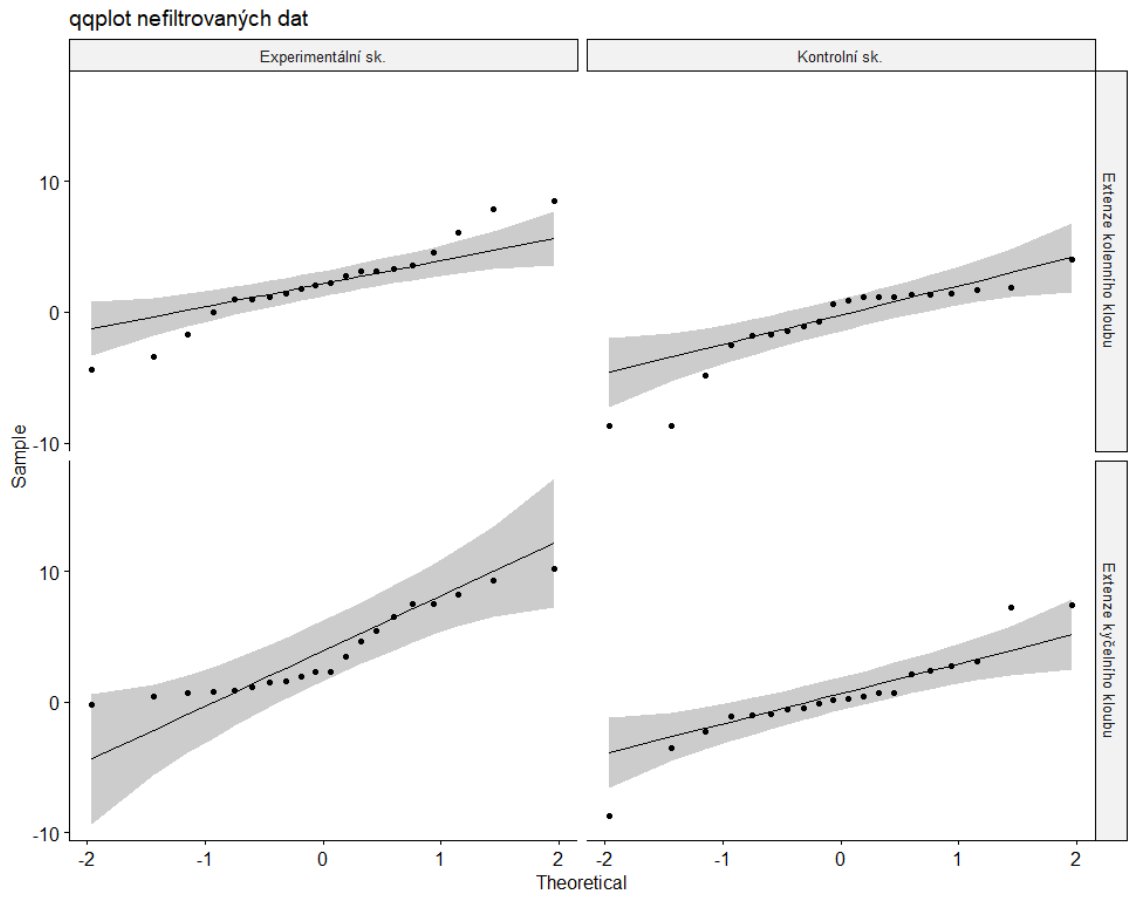
Souhrn dynamometrie

pro jednotlivé směry v před a po intervenci

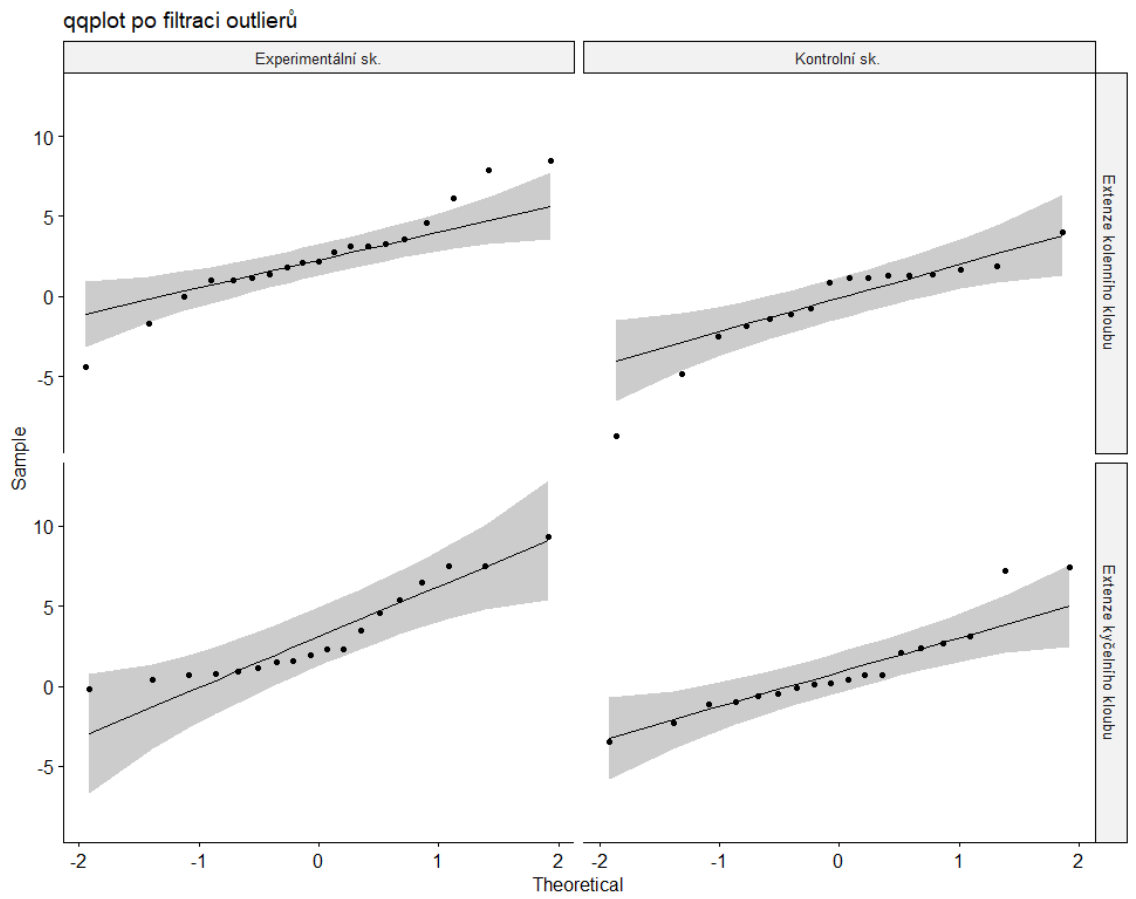
	Mean \pm sd			párový T-test
	test	retest	prům. diference	p hodnota
Extenze kolenního kloubu				
Experimentální sk.	62.03 \pm 8.8	64.53 \pm 10.5	2.50 \pm 3.0	.004**
Kontrolní sk.	64.86 \pm 6.0	64.48 \pm 5.4	-0.38 \pm 3.1	.626
Extenze kyčelního kloubu				
Experimentální sk.	34.95 \pm 6.9	38.15 \pm 8.0	3.20 \pm 2.9	< .001***
Kontrolní sk.	35.04 \pm 6.6	36.04 \pm 7.1	0.99 \pm 2.8	.208

párový T-test s Benjamini–Hochbergovou korekcí p hodnoty

Tabulka 2 - souhrn výsledků izometrické dynamometrie (n=40) [cm]



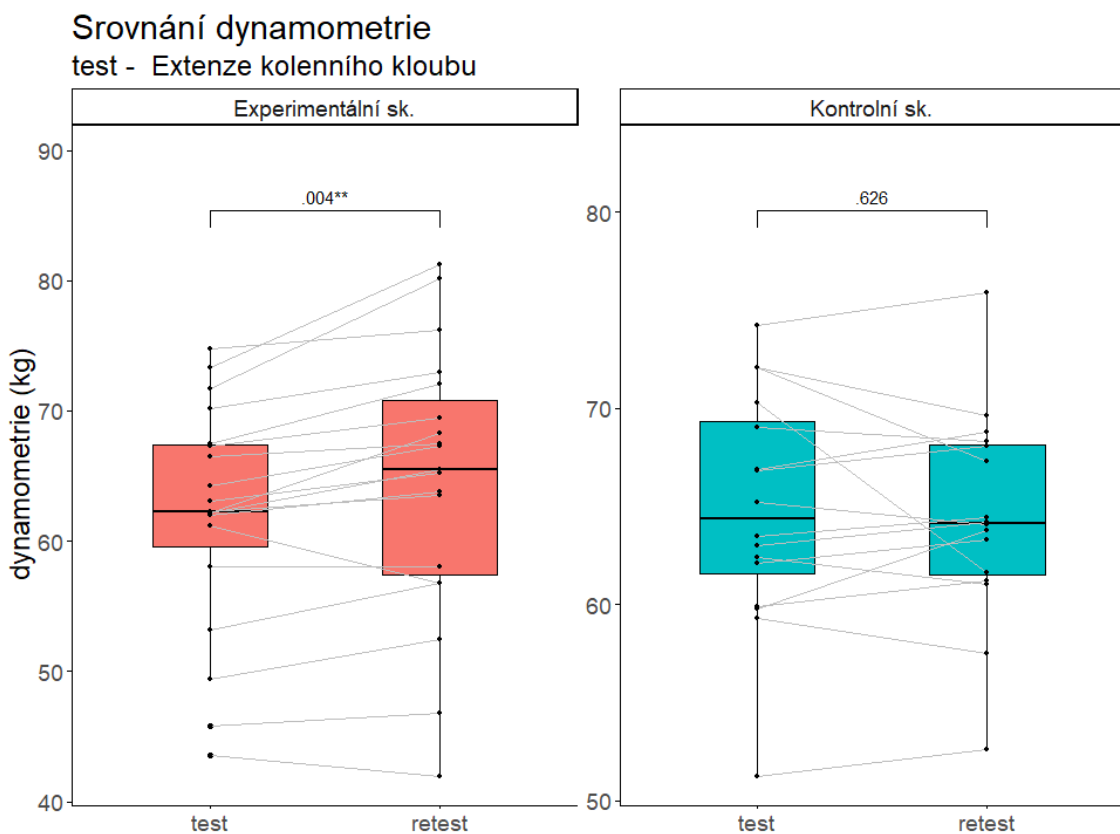
Graf 5 - Q-Q plot nefiltrovaných výsledků izometrické dynamometrie pro zhodnocení normality



Graf 6 - Q-Q plot filtrovaných výsledků izometrické dynamometrie pro zhodnocení normality

5.2.1 Extenze kolenního kloubu

V případě měření síly extenze kolenního kloubu se naměřené hodnoty u experimentální skupiny zlepšily o 2,50 ($\pm 3,0$) kg. Ve vstupním testování bylo naměřeno 62,03 ($\pm 8,8$) kg ve výstupním testování bylo naměřeno 64,53 ($\pm 10,5$) kg po stimulaci s hodnotou statistické významnosti $p = 0,004$. U kontrolní skupiny dochází k mírnému ale statisticky nevýznamnému snížení naměřených hodnot o 0,38 kg s hodnotou statistické významnosti $p = 0,626$. Ve vstupním testování kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty 64,86 ($\pm 6,0$) kg ve výstupním měření pak byly naměřeny hodnoty 64,48 ($\pm 5,4$) kg s hodnotou statistické významnosti $p = 0,626$.

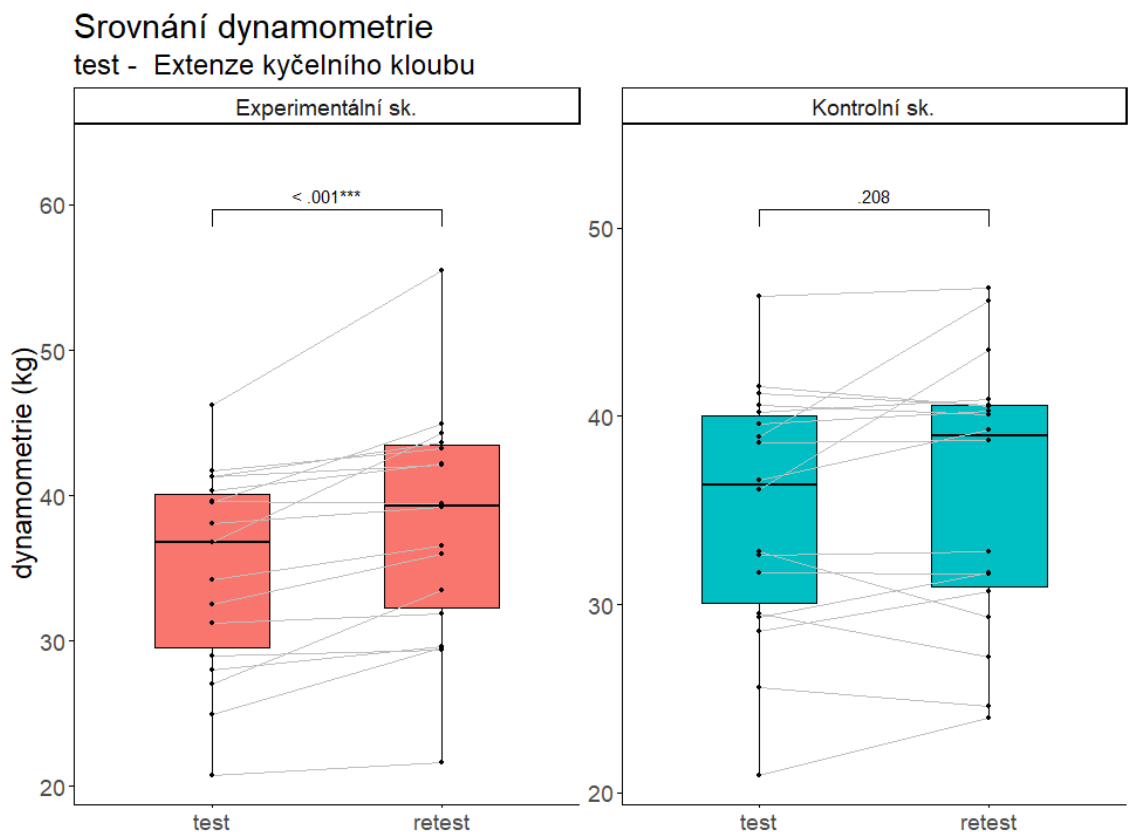


párový T-test s Benjamini-Hochbergovou korekcí p hodnoty

Graf 7 - Srovnání výsledků izometrické dynamometrie extenze kolenního kloubu ($n=40$)

5.2.2 Extenze kyčelního kloubu

V případě měření síly extenze kyčelního kloubu se naměřené hodnoty u experimentální skupiny zlepšily o 3,2 kg. Ve vstupním testování bylo naměřeno 34,95 kg ($\pm 6,9$) ve výstupním testování bylo naměřeno 38,15 ($\pm 8,0$) kg po stimulaci s hodnotou statistické významnosti $p = <0,001$. U kontrolní skupiny dochází k mírnému ale statisticky nevýznamnému zvýšení naměřených hodnot o 0,99 kg s hodnotou statistické významnosti $p = 0,208$. Ve vstupním testování kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty 35,04 ($\pm 6,6$) kg ve výstupním testování pak byly naměřeny hodnoty 36,04 ($\pm 7,1$) kg s hladinou statistické významnosti $p = 0,208$.



párový T-test s Benjamini-Hochbergovou korekcí p hodnoty

Graf 8 - Srovnání výsledků izometrické dynamometrie extenze kyčelního kloubu ($n=40$)

5.3 Zhodnocení účinku rPMS na bilaterální svalové dysbalance

V této části výsledků nejsou srovnávána data kontrolní a experimentální skupiny, ale pouze data skupiny experimentální. Pro zhodnocení efektu rPMS na bilaterální svalové dysbalance jsou spárovány výsledky probandů v experimentální skupině a jsou srovnány výsledky jejich nedominantní končetiny, která prošla stimulační intervencí s výsledky končetiny dominantní, která stimulační intervenci neabsolvovala. Data byla zpracována stejným statistickým postupem, který je uvedený v kapitole 4.6. **Analýza dat.**

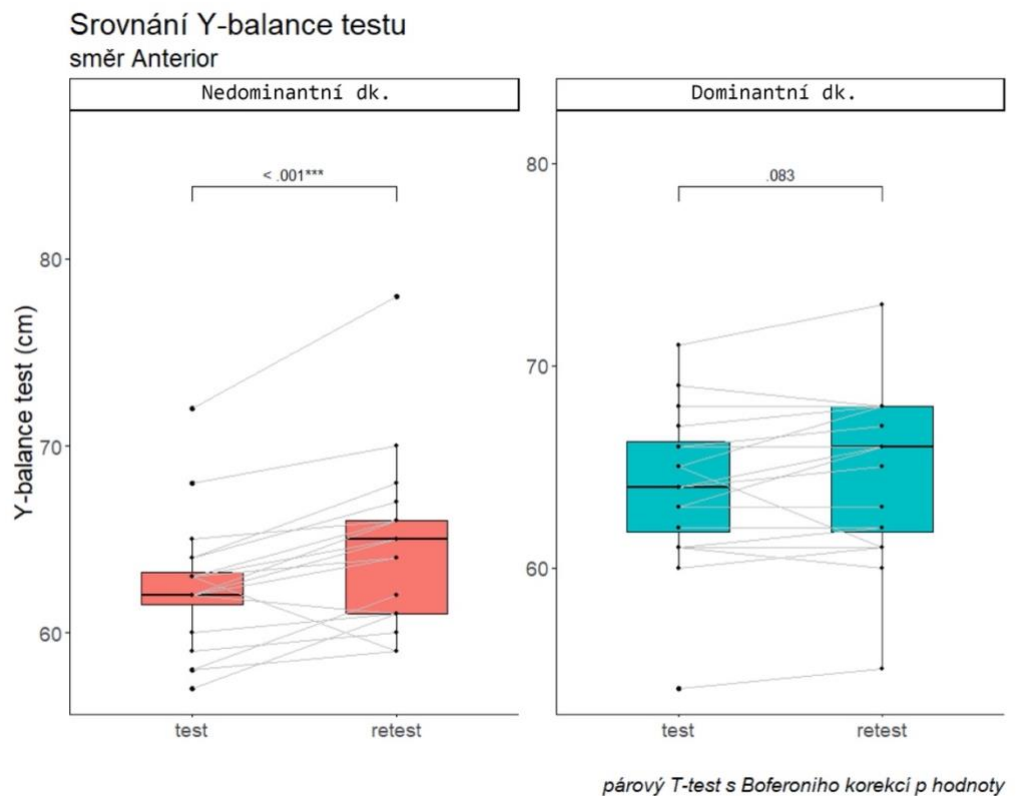
Předešlá analýza výsledků poskytuje informaci, že u stimulované nedominantní končetiny dochází ke statisticky významnému zlepšení ve všech třech směrech. Ve vstupním testování je průměrný rozdíl mezi dominantní DK a nedominantní DK 1,53 cm ve prospěch dominantní DK. Ve výstupním testování se tento rozdíl statisticky významně snižuje a ve dvou případech (PL, PM) dokonce stimulovaná DK dokonce předčí končetinu dominantní.

	Mean ± sd		párový T-test p hodnota
	test	retest	
Anterior			
Nedominantní dk.	62.45±3.4	64.60±4.4	< .001***
Dominantní dk.	64.00±3.8	64.70±4.0	.083
Posterolateral			
Nedominantní dk.	99.45±3.5	102.95±3.4	< .001***
Dominantní dk.	101.10±4.7	101.70±5.1	.376
Posteromedial			
Nedominantní dk.	102.65±5.5	105.45±5.3	< .001***
Dominantní dk.	104.05±5.5	105.40±5.3	.083

Tabulka 3 - Srovnání YBT stranové asymetrie (n=20) [cm]

5.3.1 Anteriorní směr

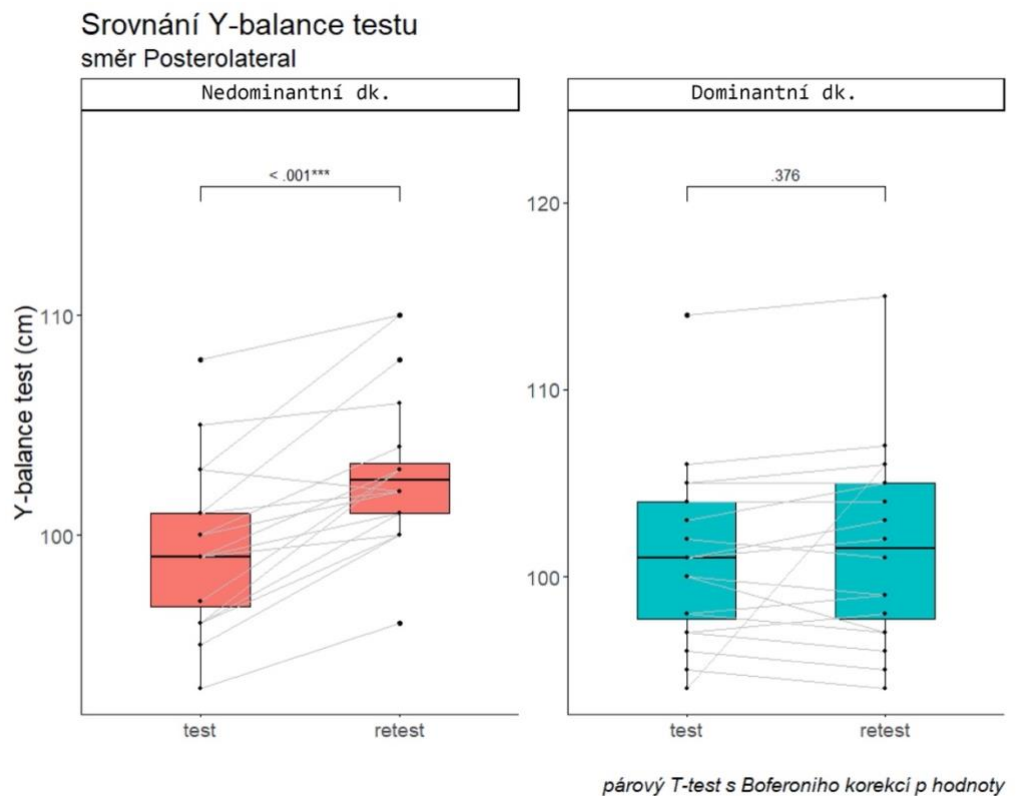
U jednotlivých směrů YBT toto srovnání vypadá následovně. U skupiny nedominantní DK dochází ke zlepšení dosahu v tomto směru z 62,45 ($\pm 3,4$) cm na 64,60 ($\pm 4,4$) cm s hodnotou $p = < 0,001$. U skupiny dominantní DK dochází ke zlepšení dosahu v tomto směru z 64,00 ($\pm 3,8$) cm na 64,7 ($\pm 4,0$) cm s hodnotou statistické významnosti $p = 0,76$. Rozdíl v průměrných hodnotách mezi vstupním a výstupním testem byl u skupiny nedominantní DK 2,15 cm, zatímco skupiny dominantní DK pouze 0,7 cm.



Graf 9 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru anterior (n=20)

5.3.2 Posterolaterální směr

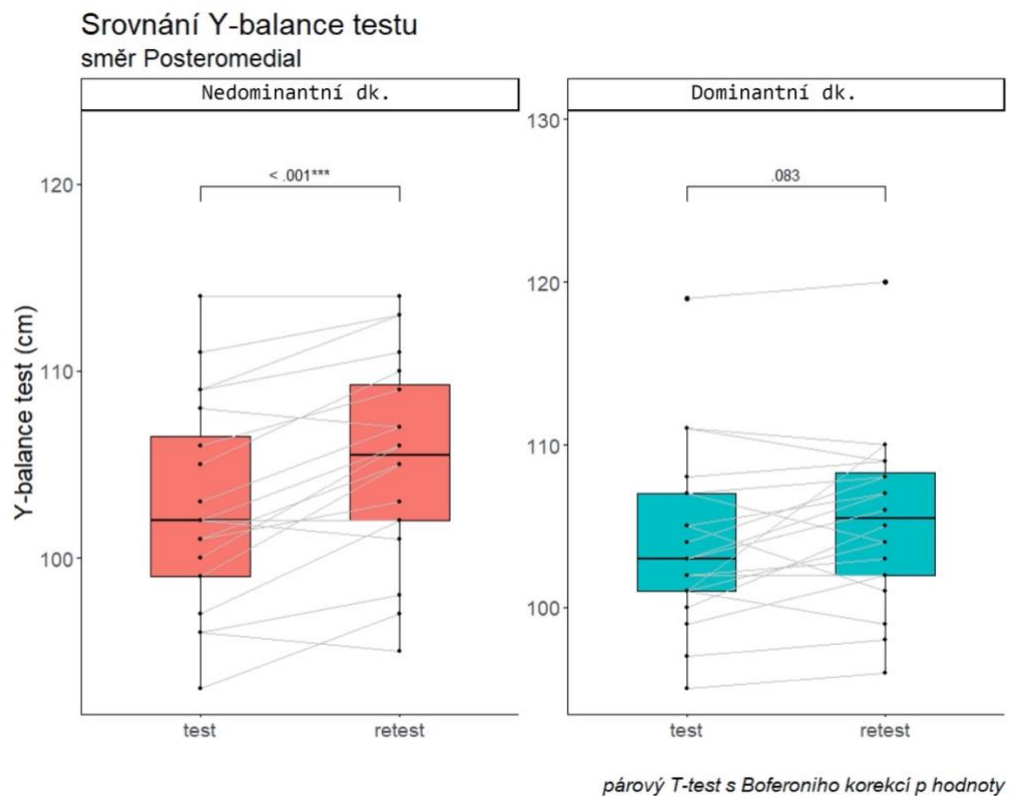
U skupiny nedominantní DK dochází ke zlepšení výsledků v tomto směru z 99,45 ($\pm 3,5$) cm na 102,95 ($\pm 3,4$) cm s hodnotou $p < 0,001$. U skupiny dominantní DK k mírnému zlepšení v provedení testu v tomto směru. Hodnota 101,10 ($\pm 4,7$) cm ze vstupního měření stoupne na 101,70 ($\pm 5,1$) cm s hodnotou statistické významnosti $p = 0,376$. Rozdíl v průměrných hodnotách mezi vstupním a výstupním testem byl u skupiny nedominantní DK 3,5 cm, zatímco u skupiny dominantní DK pouze 0,6 cm.



Graf 10 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posterolateral (n=20)

5.3.3 Posteromediální směr

U skupiny nedominantní DK dochází ke zlepšení výsledků v tomto směru z 102,65 ($\pm 5,5$) cm na 105,45 ($\pm 5,3$) cm s hodnotou $p < 0,001$. U skupiny dominantní DK dochází k mírnému zlepšení v provedení testu v tomto směru. Hodnota 104,05 ($\pm 5,5$) cm ze vstupního měření stoupne na 105,40 ($\pm 5,3$) cm s hodnotou statistické významnosti $p = 0,083$. Rozdíl v průměrných hodnotách mezi vstupním a výstupním testem byl u skupiny nedominantní DK 2,8 cm, zatímco u skupiny dominantní DK pouze 1,35 cm.



Graf 11 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posteromedial (n=20)

5.3.4 Srovnání rozdílů test, retest Y-balance test

Statisticky byly také v tomto případě porovnávány hodnoty vstupního a výstupního testování. V tomto případě byly do párového T-testu spárovány hodnoty vstupního testování nedominantních končetin se vstupním testováním dominantních končetin. Tak bylo učiněno i u testování výstupního. Tento pohled poskytuje informaci o tom, zda byl přítomný ve vstupním testování statisticky významný rozdíl.

U směru anterior ve vstupním testování (v tabulce č. 4 - test) byl přítomný rozdíl 1,55 cm s hodnotou $p=0,19$. U výstupního testování (v tabulce č. 4 - retest) se rozdíl smazává na hodnotu 0,1 cm s hladinou statistické významnosti $p=0,93$.

U směru posterolaterálním ve vstupním testování (v tabulce č. 4 - test) byl přítomný rozdíl 1,65 cm s hodnotou $p=0,19$. U výstupního testování (v tabulce č. 4 - retest) se rozdíl dostává do záporných hodnot -1,25 cm s hladinou statistické významnosti $p=0,31$.

U směru posteromediálním ve vstupním testování (v tabulce č. 4 - test) byl přítomný rozdíl 1,4 cm s hodnotou $p=0,19$. U výstupního testování (v tabulce č. 4 - retest) se rozdíl smazává na hodnotu -0,05 cm s hladinou statistické významnosti $p=0,93$.

Souhrn Y-balance testu

pro jednotlivé směry v experimentální a kontrolní skupině

	Mean \pm sd		párový T-test
	Experimentální sk.	Kontrolní sk.	p hodnota
Anterior			
test	62.45 \pm 3.4	64.00 \pm 3.8	p = .19
retest	64.60 \pm 4.4	64.70 \pm 4.0	p = .93
Posterolateral			
test	99.45 \pm 3.5	101.10 \pm 4.7	p = .19
retest	102.95 \pm 3.4	101.70 \pm 5.1	p = .31
Posteromedial			
test	102.65 \pm 5.5	104.05 \pm 5.5	p = .19
retest	105.45 \pm 5.3	105.40 \pm 5.3	p = .93

Tabulka 4 - Souhrn Y balance test, srovnání test, retest (n=20) [cm]

5.4 Testování hypotéz

Pro statistické zhodnocení k potvrzení či vyvrácení hypotézy byl zvolen párový T-test s Benjamini-Hochbergovou korekcí p hodnoty. Hladina statistické významnosti byla zvolena $p=0,05$ pro všechny tři hypotézy.

HYPOTÉZA 1

H1: rPMS zvyšuje okamžitou maximální volní izometrickou sílu svalu nebo svalové skupiny.

Hypotéza 1 byla testována zejména testováním svalové síly za pomoci tahové dynamometrie, je to přímý test, který tuto hypotézu může potvrdit či vyvrátit. Nepřímým ukazatelem je ale také výsledek YBT, pro který je svalová síla stimulovaných svalových skupin důležitým aspektem.⁴

S hladinou statistické významnosti $p=0,0024$ vzrostla u experimentální skupiny síla MVIC v extenzi kolenního kloubu v průměru o 3,32 kg. U pohybu extenze kyčelního kloubu vzrostla síla o 2,01 kg s hodnotou $p=0,0024$. Zatímco u skupiny kontrolní nedošlo ke statisticky významným rozdílům.

Statisticky významně se jeví i zlepšení ve všech třech směrech YBT, kdy došlo k průměrnému zlepšení o 2,8 cm s hladinou hodnoty $p=<0,001$ v experimentální skupině. U kontrolní skupiny nedošlo k statisticky významným zlepšením.

Hypotéza 1 je statisticky potvrzena.

HYPOTÉZA 2

H2: rPMS má pozitivní vliv na změnu kvantity provedení sledovaného funkčního testu ve smyslu zvýšení dosahu v YBT.

Pro testování této hypotézy byl zvolen YBT a její potvrzení či vyvrácení bude stanoveno pouze výsledky z testování YBT.

⁴ (Wilson et al. 2018; Hubbard et al. 2007; Lee et al. 2014)

Statisticky významné zvýšení vzdálenosti dosahu bylo přítomno u všech tří směrů YBT u experimentální skupiny. Ve směru anteriorním došlo v průměru k zvýšení dosahu o 2,15 cm s hladinou statistické významnosti $p < 0,001$. V posterolaterálním směru došlo po intervenci ke zvýšení dosahu o 3,5 cm s hodnotou statistické významnosti $p < 0,001$. V posteromediálním směru došlo po intervenci ke zvýšení dosahu v průměru o 2,8 cm s hladinou statistické významnosti $p < 0,001$.

Vzhledem k potvrzené pozitivní korelaci mezi silou svalů dolní končetiny a dosahy v jednotlivých směrech YBT, můžeme zhodnotit také míru aktivity stimulovaných svalů vzhledem ke skutečnosti, že byla realizace/nerealizace intervence jedinou nezávislou proměnnou a u kontrolní skupiny nedošlo ke statisticky významnému zlepšení.⁵

Hypotéza 2 je statisticky potvrzena.

HYPOTÉZA 3

H3: rPMS má pozitivní vliv na snížení bilaterálních svalových dysbalancí.

Hypotéza byla testována výsledky Y balance testu. Výsledky skupiny stimulovaných tedy nedominantních končetin zaznamenaly zlepšení v provedení YBT ve všech směrech s hladinou statistické významnosti $p < 0,001$ napříč všemi testy.

Ačkoliv dochází ke statisticky významnému zlepšení u experimentální skupiny, nelze na základě této analýzy potvrdit tuto hypotézu. Ani u jednoho směru YBT se nevyskytoval statisticky významný rozdíl mezi vstupními hodnotami skupiny dominantní DK a nedominantní DK.

Hypotéza 3 je statisticky vyvrácena.

⁵ (Wilson et al. 2018; Hubbard et al. 2007; Lee et al. 2014)

6 Diskuse

6.1 Diskuse k hypotéze 1

H1: rPMS zvyšuje okamžitou maximální volní izometrickou sílu svalu nebo svalové skupiny.

Hypotéza byla stanovena na základě předešlých výzkumů, které tento fakt potvrzují u intervencí trvajících několik týdnů.

Pokud by měl být vybrán sval, respektive část svalu, který byl v souvislosti účinků rPMS zkoumaný nejvíce, byla by to laterální hlava quadriceps femoris. (Hirono et al. 2021; Baek et al. 2018; Yang et al. 2017) Z tohoto důvodu byl vybrán i pro tuto studii, protože je snadné efektivně zacílit rPMS přímo na tuto část svalu. VL je ve zdravé populaci nejmohutnější částí quadricepsu a zodpovídá za největší relativní podíl na extenzi kolenního kloubu. (Chavan a Wabale 2016; Farahmand et al. 1998)

Vzhledem k největšímu podílu síly této části hlavy vůči zbylým hlavám, je logické domnívat se, že jeho stimulace by mohla mít největší efekt na sledované pohyby a testy. Vzhledem k ojedinelosti této studie je zvolení jednoduchých cílů dobrým počátečním krokem. Avšak rPMS je ve fyzioterapeutické praxi často využívána ke stimulaci menších svalových skupin, které bývají utlumené či ochablé, bude tedy důležité podobný efekt zkoumat i na menších a hůře přístupných oblastech. Tato studie však může sloužit jako důkaz k ověření tohoto konceptu.

Zajímavou, avšak nepřekvapivou, skutečností je také fakt, že u stimulace svalu GM došlo v průměru k relativnímu zvýšení svalové síly v pohybu extenze kyčelního kloubu o 9,15 %, zatímco u stimulace VL docházelo ke zvýšení síly v pohybu extenze kolenního kloubu v průměru o 4,03 %. Sval GM byl testovaný v pronační pozici, kdy se kyčelní kloub nachází v neutrální pozici a kolenní kloub je flektovaný do 90°. Tato pozice je často využívána k testování síly svalu GM, protože dochází k biomechanickému znevýhodnění hamstringů. Elektromyografické studie ukazují, že poměr aktivity GM a hamstringů je v této pozici je 60 % ve prospěch GM. (Kang et al. 2013) Znamená to tedy, že při stimulaci GM stimulujeme větší poměrné zastoupení (60 %) z hlediska pracovní kapacity v pohybu kyčelní extenze. Při stimulaci VL stimulujeme pouze 40 % pracovní kapacity v pohybu extenze kolenního kloubu. (Farahmand et al. 1998) Je

důležité mít na paměti, že ačkoliv má úroveň elektromyografické aktivity pozitivní korelaci s aktivací a produkovanou silou měřeného svalu, nelze tyto údaje zaměňovat. (Roberts a Gabaldon 2008)

Existují důkazy, že sled zapojení se jednotlivých hlav quadriceps femoris může mít důsledek na přítomnost patelofemorálního syndromu. Vzhledem ke specifickému vztahu VL a VM jakožto antagonistů v relativním pohybu tibie vůči femuru do rotace by bylo zajímavé sledovat, zda rPMS může ovlivnit timing zapojení stimulovaného svalu do hybných stereotypů. (Kim a Song 2012)

6.2 Diskuse k hypotéze 2

H2: rPMS má pozitivní vliv na změnu kvantity provedení sledovaného funkčního testu ve smyslu zvýšení dosahu v YBT.

Hypotéza byla stanovena na základě předpokladu, že je svalová síla pozitivně korelována s výsledky všech směrů YBT.

U experimentální skupiny došlo ke statisticky významnému zlepšení v provedení testu ve všech třech směrech. K největšímu procentuálnímu (3,5 %) zlepšení došlo ve směru posterolaterálním. Síla svalů kyčelního kloubu je pozitivně korelována s výsledky všech směrů YBT. Nejsilnější korelaci vykazuje síla abdukce kyčelního kloubu. (Wilson et al. 2018) Ačkoliv byl stimulován GM, u kterého byla prokázána nižší úroveň korelace nežli u kyčelních abduktorů, došlo ke statisticky významným zlepšením ve všech směrech YBT. Na základě designu experimentu však nelze určit, jaký stimulovaný sval, měl větší podíl na těchto výsledcích. Zajímavý pohled na tuto otázku by určitě poskytlo měření, které by bylo provedeno mezi jednotlivými stimulačními intervencemi, aby bylo možné rozlišit podíl aktivity stimulovaných svalů na zlepšení výsledků.

Síla extenzorů kolenního kloubu je také pozitivně spojovaná s výsledky YBT. Naopak při výskytu stranových asymetrií ve výsledcích YBT nalzáme oslabení extenzorů kolenního kloubu. Tento vztah platí zejména pro anteriorní dosah YBT. (Myers et al. 2018)

K nejnižšímu relativnímu zlepšení (2,7 %) došlo v posteromediálním směru. Z podstaty tohoto pohybu se lze domnívat, že koncové polohy tohoto

pohybu kladou větší nároky spíše na svalové skupiny abduktorů a vnitřních rotátorů.

Očekával jsem, že bude docházet k motorickému učení u kontrolní skupiny, tedy že výsledky retestu by mohly mít vyšší hodnoty nežli testování vstupní. Předpokládal jsem také, že výsledky kontrolní skupiny by mohly být statisticky významné na rozdíl od testování izometrické dynamometrie. Ačkoliv mírně pozitivní ve všech směrech, jsou výsledky kontrolní skupiny statisticky nevýznamné s hladinami hodnoty $p=0,083-0,742$.

6.3 Diskuse k hypotéze 3

H3: rPMS má pozitivní vliv na snížení bilaterálních svalových dysbalancí

Tato hypotéza byla statisticky vyvrácena, ačkoliv došlo ke statisticky významnému zlepšení stimulované nedominantní dolní končetiny.

Vzhledem k tomu, že hypotéza H3 byla vyvrácena na základě těchto výsledků, je třeba zvážit možné nedostatky ve statistické analýze a designu studie. Logickou možností by mohlo být rozšíření velikosti vzorku zahrnutím více probandů do této studie. To by umožnilo robustnější analýzu a zvýšila by se pravděpodobnost odhalení statisticky významného rozdílu.

Dalším aspektem, který s touto hypotézou souvisí je problematika definice svalových dysbalancí. Výzkumy, které se zabývají bilaterálními svalovými dysbalancemi ve výsledcích YBT uvádí, že přítomnost rozdílu většího než 4 cm v anteriorním směru a 6 cm ve směrech posterolaterálním a posteromediálním značí až 4krát větší riziko poranění dolní končetiny. (Gonell et al. 2015)

Podobný závěr mají i studie, které tyto souvislosti hodnotily u kompozitního skóre YBT. Udávají, že pokud je hodnota kompozitního skóre u jedné dolní končetiny nižší než 94 % hodnoty kompozitního skóre končetiny druhé, vyskytuje se až 3,5krát větší riziko zranění. (Plisky et al. 2021; Smith et al. 2015)

Nabízí se tedy varianta, kdy by u této studie byla dopočítáno kompozitní skóre. Tento údaj by také poskytl komplexnější pohled na stabilitu dolních končetin ve všech směrech.

6.4 Diskuse nad použitými metodami

Izometrická tahová dynamometrie je reliabilním nástrojem pro měření svalové síly, tato metoda také eliminuje možné metodologické pochybení, které se mohou vyskytnout u ruční dynamometrie. Výsledky měřené izometrickou tahovou dynamometrií také korelují s výsledky izokinetické dynamometrie, avšak neposkytuje zdaleka takové množství informací. (Beere et al. 2022; Romero-Franco et al. 2019; 2017) Pro detailní pochopení účinku rPMS na průběh svalové kontrakce stimulovaného svalu by bylo vhodné využít právě izokinetickou dynamometrii. Realizace takové studie by byla však velmi náročná z finančního hlediska, hodnota těchto přístrojů může v součtu přesáhnout hranici dvou milionů korun.

Pro dynamometrické testování byly zvoleny dříve popsané pozice⁶, které vykazují vysokou reliabilitu a validitu, avšak při hlubším studiu tématu si myslím, že pro extenzi kyčelního kloubu lze zvolit pozici, která by mohla vykazovat větší aktivitu svalu gluteus maximus a nižší aktivitu hamstringů. Tato pozice se velmi podobá zvolené testovací pronační pozici s jediným rozdílem, kterým je nastavení testované dolní končetiny do 30° abdukce v kyčelním kloubu. (Kang et al. 2013)

6.5 Diskuse k limitacím práce

Jako hlavní limitaci této práce vidím její design. První dvě hypotézy byly statisticky potvrzeny a výsledky vyšly ve prospěch rPMS, avšak toto tvrzení může být zavádějící. Je důležité si uvědomit, že intervence rPMS byla porovnávána proti kontrolní skupině, která setrvala v klidu. Jako další postup by bylo vhodné navrhnout komparativní studii, která porovnává metodu rPMS vůči jinému přístupu. Nabízí se možnost využití elektrických neuromuskulárních stimulátorů, jejichž pořizovací cena se pohybuje o dva řády níže.

Ačkoliv byli testováni profesionální sportovci, jejich vzorek není zcela homogenní, jedná se totiž o sportovce, kteří se věnují různým sportům a věk i antropometrické údaje se liší v závislosti na sportu, který vykonávají.

Dalším omezením tohoto experimentu může být nižší vzorek probandů (n=40). Při odběru vyššího vzorku by byla dala lépe rozložená a odpovídala by více

⁶ Kapitola 4.5 Použité metody (Mentiplay et al. 2015)

normalitě. Tato skutečnost se potvrdila u izometrické dynamometrie, u které muselo dojít k filtraci odlehlých hodnot, které byly vzdálené více než 1,5násobek mezikvartilového rozpětí od horního, respektive dolního kvartilu.

Možnou limitací je také volba populace profesionálních sportovců, kteří prokazují vyšší úroveň neuromuskulární kontroly. Pro jakéhokoliv sportovce je schopnost využít svoji pracovní kapacitu naplno naprosto zásadní dovedností. Silový trénink vysokých intenzit a koordinačně náročné pohyby jsou pro profesionální sportovce denním chlebem, dá se tedy předpokládat, že zvolený vzorek je na horní hranici svého fyzického potenciálu. (Moreno Catalá et al. 2018; Viitasalo et al. 1998) Na základě tohoto předpokladu se lze domnívat, že potenciál rPMS u obecné populace je podstatně vyšší.

Na druhé straně u stranově specifických sportů může docházet k budování stranových asymetrií. S tréninkovým objemem v řádu několika hodiny denně, jsou stranové asymetrie u stranově specifických sportů četnější nežli u sportu symetrických. (Kalata et al. 2020)

Je však důležité si klást otázku, zda je symetrie u stranově specifických sportů vůbec žádoucí. V praxi fyzioterapeutů a kondičních trenérů často sledujeme asymetrie a snažíme se svěřence symetrizovat v přesvědčení, že tyto změny povedou ke snížení rizika zranění či dokonce zvýšení výkonnosti. Ačkoliv jsou asymetrie studii často zmiňovány v seznamech rizikových faktorů mnoha zranění, často v těchto studiích nebývá zhodnoceno žádné skutečné riziko, tj. výskyt zranění nebyl v těchto studiích vůbec sledován. (Lawson et al. 2022; Cossich et al. 2023; Azevedo et al. 2017; González-Fernández et al. 2022) Tato zavádějící tvrzení mohou vést ke zmatení čtenáře a vyvolat milné domněnky, které odvádí pozornost od zhodnocení jiných relevantních proměnných. Tréninkové programy jsou často zaměřovány na snížení bilaterálních asymetrií či asymetrií v rámci končetiny. Ty mohou vést k malým či středním, často nevýznamným redukcím asymetrií. (Bishop et al. 2018) Když tyto programy dosáhnou úspěchu v naplnění svých cílů (tj. snížení asymetrií mezi končetinami), autoři mohou nesprávně předpokládat, že zvýšená symetrie je prospěšná, aniž by ve skutečnosti zhodnotili účinek těchto změn na riziko zranění. (Fallah Mohammadi et al. 2024)

Je možné, že tento hon za symetrií je založen spíše na domněnkách a přesvědčeních nežli na skutečném výzkumu. (Maloney 2019) Nehledě na bilaterálně asymetrickou podstatu lidské anatomie (břišní orgány, úpony bránice) se vyskytují asymetrie také v lateralitě. Dominance končetin či očí je úkonově specifická a využívána pro zvýšení výkonu ve sportovním prostředí. Z tohoto důvodu by neměly být stranové asymetrie ihned spojovány se sníženou výkonností. (Brandler et al. 2013)

Závěrem zbývá pouze zmínit, že neexistuje ve sportovním prostředí přímá spojitost mezi bilaterálními asymetriemi a výkonností. (Maloney 2019)

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit okamžitý účinek rPMS na různé aspekty svalové síly. Pro intervenci byly na základě průzkumu odborné literatury zvoleny svaly vastus lateralis a gluteus maximus. Pro zhodnocení účinku stimulační intervence byla navržena testovací baterie zahrnující dynamometrické vyšetření maximální izometrické svalové síly a testování dynamické stability dolní končetiny Y-Balance test. Na základě práce lze doporučit rPMS jako efektivní metodu pro stimulaci svalů gluteus maximus a vastus lateralis. Tento experiment poskytuje cenné poznatky ohledně okamžitých účinků rPMS, které doposud nebyly jinde publikované. Avšak výzkum vyšší kvality, s větším vzorkem či výzkum zaměřující se na jiné svalové skupiny je dále potřebný.

Hypotézy č. 1 a 2 navržené dle průzkumu odborné literatury byly statisticky potvrzeny.

Hypotéza č. 1 předpokládala zvýšení svalové síly stimulovaných svalů a byla statisticky potvrzena testy přímého charakteru, tedy testováním svalové síly, ale také Y-balance testem, pro jehož provedení je síla svalů dolní končetiny důležitým faktorem. Výsledky ukázaly signifikantní zlepšení síly svalů v extenzi kolenního a kyčelního kloubu u experimentální skupiny. Navíc bylo zaznamenáno statisticky významné zlepšení dosahu ve všech třech směrech Y balance testu, což naznačuje zvýšení dynamické stability dolních končetin.

Hypotéza č. 2, která se zabývala vlivem rPMS na změnu kvantity provedení sledovaného funkčního testu a zvýšení aktivity svalů v pohybových stereotypch, byla rovněž potvrzena. Zjištění ukázala signifikantní zlepšení vzdálenosti dosahu ve všech směrech Y balance testu u experimentální skupiny.

Nicméně hypotéza č. 3, která předpokládala pozitivní vliv rPMS na snížení bilaterálních svalových dysbalancí, nebyla potvrzena.

Celkově lze tedy konstatovat, že rPMS může být účinnou metodou pro okamžité zvýšení svalové síly a funkční stability dolních končetin. Toto zjištění podporuje využití rPMS v běžné fyzioterapeutické praxi, kdy je častým záměrem klinických pracovníků zvýšení aktivity/síly svalu ve specifických pohybových stereotypch. Tyto poznatky mají potenciál opodstatnit využití rPMS ve fyzioterapeutické praxi.

8 Seznam použité literatury

- 1 ALMEIDA, Gabriel Peixoto Leão, Isabel Oliveira MONTEIRO, Débora Fortes MARIZEIRO, Láisa Braga MAIA a Pedro Olavo DE PAULA LIMA, 2017. Y balance test has no correlation with the Stability Index of the Biodex Balance System. *Musculoskeletal Science and Practice* [online]. **27**, 1–6. ISSN 24687812. Dostupné z: doi:10.1016/j.msksp.2016.11.008
- 2 AZEVEDO, Renato R., Emmanuel S. DA ROCHA, Pedro S. FRANCO a Felipe P. CARPES, 2017. Plantar pressure asymmetry and risk of stress injuries in the foot of young soccer players. *Physical Therapy in Sport* [online]. **24**, 39–43. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2016.10.001
- 3 BAEK, Junghyun, Nohkyoung PARK, Bongju LEE, Sungju JEE, Shinseung YANG a Sangkuk KANG, 2018. Effects of Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation Over Vastus Lateralis in Patients After Hip Replacement Surgery. *Annals of Rehabilitation Medicine* [online]. **42**(1), 67. ISSN 2234-0645, 2234-0653. Dostupné z: doi:10.5535/arm.2018.42.1.67
- 4 BAK, Klaus a S. Peter MAGNUSSON, 1997. Shoulder Strength and Range of Motion in Symptomatic and Pain-Free Elite Swimmers. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **25**(4), 454–459. ISSN 0363-5465, 1552-3365. Dostupné z: doi:10.1177/036354659702500407
- 5 BAKER, David, 2001. Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. **15**(1), 30–35. ISSN 1064-8011.
- 6 BARKER, Adam, R. JALINOUS a I.L. FREESTON, 1985. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *The Lancet* [online]. **325**(8437), 1106–1107. ISSN 01406736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(85)92413-4
- 7 BARKER, Anthony T, 1994. Electricity, Magnetism and the Body: Some Uses and Abuses. *Journal of the Royal Society of Health* [online]. **114**(2), 91–97. ISSN 0264-0325. Dostupné z: doi:10.1177/146642409411400210
- 8 BARKER, Michael, Toni J. WYATT, Robert L. JOHNSON, Michael H. STONE, Harold S. O'BRYANT, Carl POE a Michael KENT, 1993. Performance Factors, Psychological Assessment, Physical Characteristics, and Football Playing Ability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*

- [online]. 7(4), 224. ISSN 1064-8011, 1533-4287. Dostupné z: doi:10.1519/1533-4287(1993)007<0224:PFPAPC>2.3.CO;2
- 9 BASFORD, Jeffrey R., 2001. A historical perspective of the popular use of electric and magnetic therapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 82(9), 1261–1269. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1053/apmr.2001.25905
- 10 BEAULIEU, Lucas a C. SCHNEIDER, 2013. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* [online]. 43(4), 251–260. ISSN 09877053. Dostupné z: doi:10.1016/j.neucli.2013.05.003
- 11 BEERE, Michael, Jay R. EBERT, Brendan JOSS a Timothy ACKLAND, 2022. Isometric dynamometry, dependent on knee angle, is a suitable alternative to isokinetic dynamometry when evaluating quadriceps strength symmetry in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee* [online]. 34, 124–133. ISSN 09680160. Dostupné z: doi:10.1016/j.knee.2021.11.007
- 12 BEN CHEIKH, Ridha, Imed LATIRI, Mohamed DOGUI a Helmi BEN SAAD, 2017. Effects of one-night sleep deprivation on selective attention and isometric force in adolescent karate athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. 57(6) [vid. 2024-04-10]. ISSN 00224707, 18271928. Dostupné z: doi:10.23736/S0022-4707.16.06323-4
- 13 BISHOP, Chris, Anthony TURNER a Paul READ, 2018. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences* [online]. 36(10), 1135–1144. ISSN 0264-0414, 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2017.1361894
- 14 BOHANNON, Richard W., 2018. Reliability of manual muscle testing: A systematic review. *Isokinetics and Exercise Science* [online]. 26(4), 245–252. ISSN 09593020, 18785913. Dostupné z: doi:10.3233/IES-182178
- 15 BOTTE, M. J., R. J. NAKAI, R. L. WATERS, D. R. MCNEAL a S. RUBAYI, 1991. Motor point delineation of the gluteus medius muscle for functional electrical stimulation: an in vivo anatomic study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 72(2), 112–114. ISSN 0003-9993.
- 16 BOTTER, Alberto, Gianmosè OPRANDI, Fabio LANFRANCO, Stefano ALLASIA, Nicola A. MAFFIULETTI a Marco Alessandro MINETTO, 2011. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical

- stimulation procedures and electrode positioning. *European Journal of Applied Physiology* [online]. **111**(10), 2461–2471. ISSN 1439-6319, 1439-6327. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-011-2093-y
- 17 BRANDLER, William M., Andrew P. MORRIS, David M. EVANS, Thomas S. SCERRI, John P. KEMP, Nicholas J. TIMPSON, Beate ST POURCAIN, George Davey SMITH, Susan M. RING, John STEIN, Anthony P. MONACO, Joel B. TALCOTT, Simon E. FISHER, Caleb WEBBER a Silvia PARACCHINI, 2013. Common Variants in Left/Right Asymmetry Genes and Pathways Are Associated with Relative Hand Skill. *PLoS Genetics* [online]. **9**(9), e1003751. ISSN 1553-7404. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pgen.1003751
- 18 BRUKNER, Peter a Karim KHAN, 2017. *Brukner & Khan's clinical sports medicine. Volume 1: Injuries*. 5th edition. North Ryde, N.S.W: McGraw-Hill Education (Australia). ISBN 978-1-74376-138-0.
- 19 BUCKTHORPE, M. a G.S. ROI, 2019. The time has come to incorporate a greater focus on rate of force development training in the sports injury rehabilitation process. *Muscle Ligaments and Tendons Journal* [online]. **07**(03), 435. ISSN 22404554. Dostupné z: doi:10.32098/mltj.03.2017.05
- 20 BUSTAMANTE, Víctor, Elena López DE SANTA MARÍA, Amaia GOROSTIZA, Unai JIMÉNEZ a Juan B. GÁLDIZ, 2010. Muscle training with repetitive magnetic stimulation of the quadriceps in severe COPD patients. *Respiratory Medicine* [online]. **104**(2), 237–245. ISSN 09546111. Dostupné z: doi:10.1016/j.rmed.2009.10.001
- 21 BUTLER, Robert J., Michael E. LEHR, Michael L. FINK, Kyle B. KIESEL a Phillip J. PLISKY, 2013. Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower Extremity Injury in College Football Players: An Initial Study. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* [online]. **5**(5), 417–422. ISSN 1941-7381, 1941-0921. Dostupné z: doi:10.1177/1941738113498703
- 22 CADOSSO, Ruggero, Leo MASSARI, Jennifer RACINE-AVILA a Roy K. AARON, 2020. Pulsed Electromagnetic Field Stimulation of Bone Healing and Joint Preservation: Cellular Mechanisms of Skeletal Response. *JAAOS: Global Research and Reviews* [online]. **4**(5), e19.00155. ISSN 2474-7661. Dostupné z: doi:10.5435/JAAOSGlobal-D-19-00155

- 23 CONABLE, Katharine M. a Anthony L. ROSNER, 2011. A narrative review of manual muscle testing and implications for muscle testing research. *Journal of Chiropractic Medicine* [online]. S1556370711000903. ISSN 15563707. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcm.2011.04.001
- 24 COSSICH, Victor R.A., Ubiratã F. GAVILÃO, Rodrigo A. GOES, Jamila A. PERINI, Conrado T. LAETT a Nicola A. MAFFIULETTI, 2023. Maximal vs. explosive knee extensor strength in professional soccer players: inter-limb asymmetries and relationship with knee function. *European Journal of Sport Science* [online]. **23**(6), 877–884. ISSN 1746-1391, 1536-7290. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2022.2071636
- 25 DVIR, Zeevi, 1996. *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications*. Reprinted. Edinburgh: Churchill Livingstone. ISBN 978-0-443-04794-7.
- 26 EDOUARD, Pascal, Pedro BRANCO a Juan-Manuel ALONSO, 2016. Muscle injury is the principal injury type and hamstring muscle injury is the first injury diagnosis during top-level international athletics championships between 2007 and 2015. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **50**(10), 619–630. ISSN 0306-3674, 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2015-095559
- 27 ERDMAN, Ashley L., Charles W. WYATT, Kirsten TULCHIN-FRANCIS a Sophia M. ULMAN, 2021. LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST SCORES ARE ASSOCIATED WITH ISOKINETIC KNEE STRENGTH. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. **9**(7_suppl3), 2325967121S00156. ISSN 2325-9671, 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967121S00156
- 28 FALLAH MOHAMMADI, Mohammad, Komeil DASHTI ROSTAMI, Sedighe SHABANZADEH, Sayed Esmail HOSSEININEJAD, Salman GHAFFARI a Abbey THOMAS, 2024. Does core stability training improve hopping performance and kinetic asymmetries during single-leg landing in anterior cruciate ligament reconstructed patients? *Research in Sports Medicine* [online]. **32**(2), 268–278. ISSN 1543-8627, 1543-8635. Dostupné z: doi:10.1080/15438627.2022.2102919
- 29 FARAHMAND, Farzam, Wongwit SEJIAVONGSE a Andrew A. AMIS, 1998. Quantitative study of the quadriceps muscles and trochlear groove geometry related to instability of the patellofemoral joint. *Journal of Orthopaedic*

- Research* [online]. **16**(1), 136–143. ISSN 0736-0266, 1554-527X. Dostupné z: doi:10.1002/jor.1100160123
- 30 GEDDES, L. A., 1991. History of Magnetic Stimulation of the Nervous System: *Journal of Clinical Neurophysiology* [online]. **8**(1), 3–9. ISSN 0736-0258. Dostupné z: doi:10.1097/00004691-199101000-00003
- 31 GLEESON, N.P. a T.H. MERCER, 1996. The Utility of Isokinetic Dynamometry in the Assessment of Human Muscle Function: *Sports Medicine* [online]. **21**(1), 18–34. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-199621010-00003
- 32 GONELL, Alfonso Calvo, José Aurelio Pina ROMERO a Loreto Maciá SOLER, 2015. RELATIONSHIP BETWEEN THE Y BALANCE TEST SCORES AND SOFT TISSUE INJURY INCIDENCE IN A SOCCER TEAM. *International Journal of Sports Physical Therapy*. **10**(7), 955–966. ISSN 2159-2896.
- 33 GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, Francisco Tomás, Luis Manuel MARTÍNEZ-ARANDA, Moisés FALCES-PRIETO, Hadi NOBARI a Filipe Manuel CLEMENTE, 2022. Exploring the Y-Balance-Test scores and inter-limb asymmetry in soccer players: differences between competitive level and field positions. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [online]. **14**(1), 45. ISSN 2052-1847. Dostupné z: doi:10.1186/s13102-022-00438-w
- 34 HADZIC, Vedran, Tine SATTLER, Goran MARKOVIC, Matjaz VESELKO a Edvin DERVISEVIC, 2010. The isokinetic strength profile of quadriceps and hamstrings in elite volleyball players. *Isokinetics and Exercise Science* [online]. **18**(1), 31–37. ISSN 18785913, 09593020. Dostupné z: doi:10.3233/IES-2010-0365
- 35 HALLETT, Mark, 2007. Transcranial Magnetic Stimulation: A Primer. *Neuron* [online]. **55**(2), 187–199. ISSN 08966273. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuron.2007.06.026
- 36 HEERMEIER, K., M. SPANNER, J. TRÄGER, R. GRADINGER, P. G. STRAUSS, W. KRAUS a J. SCHMIDT, 1998. Effects of extremely low frequency electromagnetic field (EMF) on collagen type I mRNA expression and extracellular matrix synthesis of human osteoblastic cells. *Bioelectromagnetics* [online]. **19**(4), 222–231. ISSN 01978462, 1521186X.

Dostupné z: doi:10.1002/(SICI)1521-186X(1998)19:4<222::AID-BEM4>3.0.CO;2-3

- 37 HEINO, Jacklyn G., Joseph J. GODGES a Charles L. CARTER, 1990. Relationship Between Hip Extension Range of Motion and Postural Alignment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **12**(6), 243–247. ISSN 0190-6011, 1938-1344. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.1990.12.6.243
- 38 HERRINGTON, Lee, Julian HATCHER, Alison HATCHER a Michael MCNICHOLAS, 2009. A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *The Knee* [online]. **16**(2), 149–152. ISSN 09680160. Dostupné z: doi:10.1016/j.knee.2008.10.004
- 39 HESS, Sally Anne, Carolyn RICHARDSON, Ross DARNELL, Peter FRIIS, David LISLE a Peter MYERS, 2005. Timing of Rotator Cuff Activation During Shoulder External Rotation in Throwers With and Without Symptoms of Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **35**(12), 812–820. ISSN 0190-6011, 1938-1344. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.2005.35.12.812
- 40 HIRONO, Tetsuya, Tome IKEZOE, Masashi TANIGUCHI, Shusuke NOJIRI, Hiroki TANAKA a Noriaki ICHIHASHI, 2021. Acute effects of repetitive peripheral magnetic stimulation following low-intensity isometric exercise on muscle swelling for selective muscle in healthy young men. *Electromagnetic Biology and Medicine* [online]. **40**(3), 420–427. ISSN 1536-8378, 1536-8386. Dostupné z: doi:10.1080/15368378.2021.1907402
- 41 HUBBARD, Tricia J., Lauren C. KRAMER, Craig R. DENEGAR a Jay HERTEL, 2007. Correlations among multiple measures of functional and mechanical instability in subjects with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*. **42**(3), 361–366. ISSN 1938-162X.
- 42 CHAVAN, S. a R. WABALE, 2016. Reviewing morphology of Quadriceps femoris muscle. *Journal of Morphological Sciences* [online]. **33**(02), 112–117. ISSN 2177-0298. Dostupné z: doi:10.4322/jms.053513
- 43 CHEN, Shen-Kai, Peter T SIMONIAN, Thomas L WICKIEWICZ, James C OTIS a Russell F WARREN, 1999. Radiographic evaluation of glenohumeral kinematics: A muscle fatigue model. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* [online]. **8**(1), 49–52. ISSN 10582746. Dostupné z: doi:10.1016/S1058-2746(99)90055-1

- 44 KALATA, Maros, Tomas MALY, Mikulas HANK, Jakub MICHALEK, David BUJNOVSKY, Egon KUNZMANN a Frantisek ZAHALKA, 2020. Unilateral and Bilateral Strength Asymmetry among Young Elite Athletes of Various Sports. *Medicina* [online]. **56**(12), 683. ISSN 1648-9144. Dostupné z: doi:10.3390/medicina56120683
- 45 KANG, Sun-Young, Hye-Seon JEON, Ohyun KWON, Heon-seock CYNN a Boram CHOI, 2013. Activation of the gluteus maximus and hamstring muscles during prone hip extension with knee flexion in three hip abduction positions. *Manual Therapy* [online]. **18**(4), 303–307. ISSN 1356689X. Dostupné z: doi:10.1016/j.math.2012.11.006
- 46 KANJANAPANANG, Napatpaphan a Ke-Vin CHANG, 2024. Peripheral Magnetic Stimulation. In: *StatPearls* [online]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing [vid. 2024-04-20]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526087/>
- 47 KELLIS, Eleftherios, Chrysostomos SAHINIS a Vasilios BALTZOPOULOS, 2023. Is hamstrings-to-quadriceps torque ratio useful for predicting anterior cruciate ligament and hamstring injuries? A systematic and critical review. *Journal of Sport and Health Science* [online]. **12**(3), 343–358. ISSN 20952546. Dostupné z: doi:10.1016/j.jshs.2022.01.002
- 48 KIM, Hyunhee a Chang Ho SONG, 2012. Comparison of the VMO/VL EMG Ratio and Onset Timing of VMO Relative to VL in Subjects with and without Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. **24**(12), 1315–1317. ISSN 0915-5287, 2187-5626. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.24.1315
- 49 KJØLHEDE, Tue, Kristian VISSING, Daniel LANGESKOV-CHRISTENSEN, Egon STENAGER, Thor PETERSEN a Ulrik DALGAS, 2015. Relationship between muscle strength parameters and functional capacity in persons with mild to moderate degree multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders* [online]. **4**(2), 151–158. ISSN 22110348. Dostupné z: doi:10.1016/j.msard.2015.01.002
- 50 KNEPLER, Caryn a Richard W. BOHANNON, 1998. Subjectivity of Forces Associated with Manual-Muscle Test Grades of 3+, 4-, and 4. *Perceptual and Motor Skills* [online]. **87**(3_suppl), 1123–1128. ISSN 0031-5125, 1558-688X. Dostupné z: doi:10.2466/pms.1998.87.3f.1123

- 51 KOLÁŘ, Pavel, 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- 52 LAWSON, Drew, Matthew J. JORDAN a Walter HERZOG, 2022. Effects of lead leg selection on bilateral landing force-time characteristics: Return to sport testing implications. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. **32**(8), 1192–1200. ISSN 0905-7188, 1600-0838. Dostupné z: doi:10.1111/sms.14168
- 53 LEE, Dong-Kyu, Gyoung-Mo KIM, Sung-Min HA a Jae-Seop OH, 2014. Correlation of the Y-Balance Test with Lower-limb Strength of Adult Women. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. **26**(5), 641–643. ISSN 0915-5287, 2187-5626. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.26.641
- 54 LEISNER, S., R. SHAHAR, I. AIZENBERG, D. LICHOVSKY a T. LEVIN-HARRUS, 2002. The Effect of Short-duration, High-intensity Electromagnetic Pulses on Fresh Ulnar Fractures in Rats. *Journal of Veterinary Medicine Series A* [online]. **49**(1), 33–37. ISSN 0931-184X, 1439-0442. Dostupné z: doi:10.1046/j.1439-0442.2002.00386.x
- 55 LEWIS, Jeremy S., Ann GREEN a Christine WRIGHT, 2005. Subacromial impingement syndrome: The role of posture and muscle imbalance. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* [online]. **14**(4), 385–392. ISSN 10582746. Dostupné z: doi:10.1016/j.jse.2004.08.007
- 56 LIEBENSON, Craig, ed., 2007. *Rehabilitation of the spine: a practitioner's manual*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 978-0-7817-2997-0.
- 57 LIM, Young-Ho, Ji Min SONG, Eun-Hi CHOI a Jang Woo LEE, 2018. Effects of Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation on Patients With Acute Low Back Pain: A Pilot Study. *Annals of Rehabilitation Medicine* [online]. **42**(2), 229. ISSN 2234-0645, 2234-0653. Dostupné z: doi:10.5535/arm.2018.42.2.229
- 58 LIN, Hsin-Yi a Ko-Hsien LU, 2010. Repairing large bone fractures with low frequency electromagnetic fields: REPAIRING LARGE BONE FRACTURES WITH EMFS. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. **28**(2), 265–270. ISSN 07360266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.20964
- 59 MACDONALD, Ben, Stephen MCALEER, Shane KELLY, Robin CHAKRAVERTY, Michael JOHNSTON a Noel POLLOCK, 2019. Hamstring rehabilitation in elite track and field athletes: applying the British Athletics

- Muscle Injury Classification in clinical practice. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **53**(23), 1464–1473. ISSN 0306-3674, 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2017-098971
- 60 MALONEY, Sean J., 2019. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **33**(9), 2579–2593. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002608
- 61 MEISTER, Keith, 2000. Injuries to the Shoulder in the Throwing Athlete: Part One: Biomechanics/Pathophysiology/Classification of Injury. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **28**(2), 265–275. ISSN 0363-5465, 1552-3365. Dostupné z: doi:10.1177/03635465000280022301
- 62 MENTIPLAY, Benjamin F., Luke G. PERRATON, Kelly J. BOWER, Brooke ADAIR, Yong-Hao PUA, Gavin P. WILLIAMS, Rebekah MCGAW a Ross A. CLARK, 2015. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PLOS ONE* [online]. **10**(10), e0140822. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0140822
- 63 MILLS, Matthew, Barnett FRANK, Shiho GOTO, Troy BLACKBURN, Samantha CATES, Michael CLARK, Alain AGUILAR, Nicole FAVA a Darin PADUA, 2015. EFFECT OF RESTRICTED HIP FLEXOR MUSCLE LENGTH ON HIP EXTENSOR MUSCLE ACTIVITY AND LOWER EXTREMITY BIOMECHANICS IN COLLEGE-AGED FEMALE SOCCER PLAYERS. *International Journal of Sports Physical Therapy*. **10**(7), 946–954. ISSN 2159-2896.
- 64 MORENO CATALÁ, María, Arno SCHROLL, Gunnar LAUBE a Adamantios ARAMPATZIS, 2018. Muscle Strength and Neuromuscular Control in Low-Back Pain: Elite Athletes Versus General Population. *Frontiers in Neuroscience* [online]. **12**, 436. ISSN 1662-453X. Dostupné z: doi:10.3389/fnins.2018.00436
- 65 MYERS, Heather, Zachary CHRISTOPHERSON a Robert J. BUTLER, 2018. RELATIONSHIP BETWEEN THE LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST SCORES AND ISOKINETIC STRENGTH TESTING IN PATIENTS STATUS POST ACL RECONSTRUCTION. *International Journal of Sports Physical Therapy*. **13**(2), 152–159. ISSN 2159-2896.

- 66 NEUBAUER, Jiří, Marek SEDLAČÍK a Oldřich KRÍŽ, 2016. *Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech*. 2., rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5786-5.
- 67 NIELSEN, Jorgen F, Thomas SINKJAER a Johannes JAKOBSEN, 1996. Treatment of spasticity with repetitive magnetic stimulation; a double-blind placebo-controlled study. *Multiple Sclerosis Journal* [online]. **2**(5), 227–232. ISSN 1352-4585, 1477-0970. Dostupné z: doi:10.1177/135245859600200503
- 68 NOAKES, Timothy D., 1988. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective: *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **20**(4), 319–330. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/00005768-198808000-00001
- 69 NOFFAL, Guillermo J., 2003. Isokinetic Eccentric-to-Concentric Strength Ratios of the Shoulder Rotator Muscles in Throwers and Nonthrowers. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **31**(4), 537–541. ISSN 0363-5465, 1552-3365. Dostupné z: doi:10.1177/03635465030310041001
- 70 PAAVOLAINEN, Leena, Keijo HÄKKINEN, Ismo HÄMÄLÄINEN, Ari NUMMELA a Heikki RUSKO, 1999. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* [online]. **86**(5), 1527–1533. ISSN 8750-7587, 1522-1601. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1999.86.5.1527
- 71 PASEK, Jarosław, Tomasz PASEK, Karolina SIEROŃ-STOŁTNY, Grzegorz CIEŚLAR a Aleksander SIEROŃ, 2015. Electromagnetic fields in medicine – the state of art. *Electromagnetic Biology and Medicine* [online]. 1–6. ISSN 1536-8378, 1536-8386. Dostupné z: doi:10.3109/15368378.2015.1048549
- 72 PLISKY, Phillip, Katherine SCHWARTKOPF-PHIFER, Bethany HUEBNER, Mary Beth GARNER a Garrett BULLOCK, 2021. Systematic Review and Meta-Analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, Discriminant Validity, and Predictive Validity. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. **16**(5) [vid. 2024-04-02]. ISSN 2159-2896. Dostupné z: doi:10.26603/001c.27634
- 73 PODĚBRADSKÝ, Jiří, 2009. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-2899-5.

- 74 PODĚBRADSKÝ, Jiří a Ivan VAŘEKA, 1998. *Fyzikální terapie I. a II.* Vyd. 1. Praha: Grada. ISBN 978-80-7169-661-2.
- 75 PORTER, Stuart B. a Noël M. TIDY, ed., 2013. *Tidy's physiotherapy*. 15th ed. Edinburgh: Saunders Elsevier. ISBN 978-0-7020-4344-4.
- 76 POWDEN, Cameron J., Teralyn K. DODDS a Emily H. GABRIEL, 2019. THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. *International Journal of Sports Physical Therapy*. **14**(5), 683–694. ISSN 2159-2896.
- 77 RAEDER, Christian, Thimo WIEWELHOVE, Rauno Álvaro De Paula SIMOLA, Michael KELLMANN, Tim MEYER, Mark PFEIFFER a Alexander FERRAUTI, 2016. Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Athletes After 6 Days of Intensified Strength Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **30**(12), 3412–3427. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000001427
- 78 RANTANEN, Taina, Kamal MASAKI, Qimei HE, G. Webster ROSS, Bradley J. WILLCOX a Lon WHITE, 2012. Midlife muscle strength and human longevity up to age 100 years: a 44-year prospective study among a decedent cohort. *AGE* [online]. **34**(3), 563–570. ISSN 0161-9152, 1574-4647. Dostupné z: doi:10.1007/s11357-011-9256-y
- 79 ROBERTS, T. J. a A. M. GABALDON, 2008. Interpreting muscle function from EMG: lessons learned from direct measurements of muscle force. *Integrative and Comparative Biology* [online]. **48**(2), 312–320. ISSN 1540-7063, 1557-7023. Dostupné z: doi:10.1093/icb/icn056
- 80 ROMERO-FRANCO, Natalia, Juan C FERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, Juan A MONTAÑO-MUNUERA, Javier ROMERO-FRANCO a Pedro JIMÉNEZ-REYES, 2019. Validity and reliability of a low-cost dynamometer to assess maximal isometric strength of upper limb: Low cost dynamometry and isometric strength of upper limb. *Journal of Sports Sciences* [online]. **37**(15), 1787–1793. ISSN 0264-0414, 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2019.1594570
- 81 ROMERO-FRANCO, Natalia, Pedro JIMÉNEZ-REYES a Juan A. MONTAÑO-MUNUERA, 2017. Validity and reliability of a low-cost digital dynamometer for measuring isometric strength of lower limb. *Journal of Sports*

- Sciences* [online]. **35**(22), 2179–2184. ISSN 0264-0414, 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2016.1260152
- 82 SCHLUMBERGER, A., W. LAUBE, S. BRUHN, B. HERBECK, M. DAHLINGER, G. FENKART, D. SCHMIDTBLEICHER a F. MAYER, 2006. Muscle imbalances – fact or fiction? *Isokinetics and Exercise Science* [online]. **14**(1), 3–11. ISSN 18785913, 09593020. Dostupné z: doi:10.3233/IES-2006-0229
- 83 SMITH, Craig A., Nicole J. CHIMERA a Meghan WARREN, 2015. Association of Y Balance Test Reach Asymmetry and Injury in Division I Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **47**(1), 136–141. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000000380
- 84 STARK, Timothy, Bruce WALKER, Jacqueline K. PHILLIPS, René FEJER a Randy BECK, 2011. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM&R* [online]. **3**(5), 472–479. ISSN 19341482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2010.10.025
- 85 STEVENS, P. J., H. E. SYDDALL, H. P. PATEL, H. J. MARTIN, C. COOPER a Avan AIHIE SAYER, 2012. Is grip strength a good marker of physical performance among community-dwelling older people? *The journal of nutrition, health & aging* [online]. **16**(9), 769–774. ISSN 1279-7707, 1760-4788. Dostupné z: doi:10.1007/s12603-012-0388-2
- 86 TABER, Christopher, Christopher BELLON, Heather ABBOTT a Garrett E. BINGHAM, 2016. Roles of Maximal Strength and Rate of Force Development in Maximizing Muscular Power. *Strength & Conditioning Journal* [online]. **38**(1), 71–78. ISSN 1524-1602. Dostupné z: doi:10.1519/SSC.0000000000000193
- 87 VAN GELDER, Leonard H., Barbara J. HOOGENBOOM, Bryan ALONZO, Dayna BRIGGS a Brian HATZEL, 2015. EMG Analysis and Sagittal Plane Kinematics of the Two-Handed and Single-Handed Kettlebell Swing: A Descriptive Study. *International Journal of Sports Physical Therapy*. **10**(6), 811–826. ISSN 2159-2896.
- 88 VERDIJK, Lex B., Luc VAN LOON, Kenneth MEIJER a Hans H. C. M. SAVELBERG, 2009. One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength *in vivo* in humans. *Journal of Sports Sciences*

- [online]. **27**(1), 59–68. ISSN 0264-0414, 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640410802428089
- 89 VIITASALO, Jukka T., Aki SALO a Jukka LAHTINEN, 1998. Neuromuscular functioning of athletes and non-athletes in the drop jump. *European Journal of Applied Physiology* [online]. **78**(5), 432–440. ISSN 1439-6319, 1439-6327. Dostupné z: doi:10.1007/s004210050442
- 90 WANG, Daniel X.M., Jessica YAO, Yasar ZIREK, Esmee M. REIJNIERSE a Andrea B. MAIER, 2020. Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* [online]. **11**(1), 3–25. ISSN 2190-5991, 2190-6009. Dostupné z: doi:10.1002/jcsm.12502
- 91 WANG, Zhenyu, Charles C. CLARK a Carl T. BRIGHTON, 2006. Up-Regulation of Bone Morphogenetic Proteins in Cultured Murine Bone Cells with Use of Specific Electric Fields: *The Journal of Bone & Joint Surgery* [online]. **88**(5), 1053–1065. ISSN 0021-9355. Dostupné z: doi:10.2106/JBJS.E.00443
- 92 WILK, Kevin E., Keith MEISTER a James R. ANDREWS, 2002. Current Concepts in the Rehabilitation of the Overhead Throwing Athlete. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **30**(1), 136–151. ISSN 0363-5465, 1552-3365. Dostupné z: doi:10.1177/03635465020300011201
- 93 WILSON, Benjamin R., Kaley E. ROBERTSON, Jeremy M. BURNHAM, Michael C. YONZ, Mary Lloyd IRELAND a Brian NOEHREN, 2018. The Relationship Between Hip Strength and the Y Balance Test. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. **27**(5), 445–450. ISSN 1056-6716, 1543-3072. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2016-0187
- 94 YANG, Shin-seung, Sungju JEE, Seon Lyul HWANG a Min Kyun SOHN, 2017. Strengthening of Quadriceps by Neuromuscular Magnetic Stimulation in Healthy Subjects. *PM&R* [online]. **9**(8), 767–773. ISSN 1934-1482, 1934-1563. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2016.12.002
- 95 ZHANG, Xiaojun, Jianbao ZHANG, Xuemin QU a Jun WEN, 2007. Effects of Different Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields on Osteoblasts. *Electromagnetic Biology and Medicine* [online]. **26**(3), 167–177. ISSN 1536-8378, 1536-8386. Dostupné z: doi:10.1080/15368370701580756

9 Seznam příloh

Příloha č. 1 - Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2 - Vzor informovaného souhlasu

Příloha č. 3 – Charakteristika výzkumného souboru

Příloha č. 4 – Výsledky testování Y-balance test experimentální skupina

Příloha č. 5 – Výsledky testování Y-balance test kontrolní skupina

Příloha č. 6 – Výsledky testování izometrická dynamometrie experimentální skupina

Příloha č. 7 – Výsledky testování izometrická dynamometrie kontrolní skupina

Příloha č. 8 – Seznam obrázků

Příloha č. 9 – Seznam tabulek

Příloha č. 10 – Seznam grafů

Příloha č. 1 – Žádost o vyjádření 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: Superinduktivní magnetoterapie v léčbě svalových dysfunkcí

Forma projektu: výzkumná práce

Období realizace: únor 2024- duben 2024

Předkladatel: Bc. Petr Valenta, UK FTVS, katedra fyzioterapie

Hlavní řešitel: Bc. Petr Valenta, UK FTVS, katedra fyzioterapie

Místo výzkumu (pracoviště): VICTORIA Vysokoškolské sportovní centrum

Vedoucí práce (v případě studentské práce): PhDr. Mgr. Jitka Malá Ph.D.

Popis projektu: Cílem projektu je za pomoci testování svalové síly, funkčních pohybových testů zjistit účinek superinduktivní magnetoterapie neboli repetitivní periferní magnetické stimulace na oslabené svaly u sportující populace. Účastníci budou náhodně rozděleni do dvou skupin – intervenční a kontrolní. Intervence se bude skládat z dvou po sobě jdoucích stimulačních procedur zaměřených na předem určené svaly. Pro tuto intervenci bude využit přístroj BTL-6000 super inductive system, na němž bude spuštěn program svalové stimulace. Experimentální skupina podstoupí celkem 2 stimulační. Obě skupiny, intervenční a kontrolní podstoupí vstupní vyšetření, která bude složena z funkčních pohybových testů a dynamometrického vyšetření. Stejným vyšetřením projdou obě skupiny i po uplynutí experimentu.

Charakteristika účastníků výzkumu: Výzkumu se zúčastní skupina nejméně 40 zdravých profesionálních sportovců ženského i mužského pohlaví ve věkovém rozmezí 18–30 let, kteří mají platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k pohybovým aktivitám. Tito sportovci sportují pod záštitou Vysokoškolského sportovního centra VICTORIA a budou o výzkumu informováni na základě mnou zveřejněného pozvání do výzkumu skrze střediskový informační kanál Moyobo. Do projektu nemohou být zařazeni jedinci, kteří se zotavují ze zranění a nesmí podstupovat trénink v plné zátěži. Kontraindikací je také výskyt kovář v těle v místě aplikace. Těhotenství je taktéž kontraindikací k provádění měření. V poslední řadě nebudou zařazeni také jedinci trpící akutním infekčním onemocněním, horečnatým stavem, onkologickým nebo kardio-respiračním onemocněním, případně poraněním kůže v oblasti aplikace terapie.

Zajištění bezpečnosti: Během experimentu nebudou použity žádné invazivní metody. Experiment bude probíhat v prostorách Victoria VSC určených k rehabilitaci. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek. Přístroj BTL-6000 bude používán v souladu s předepsanými pravidly. Budou dodrženy všechny kontraindikace, které jsou výrobcem předepsané. Výzkum proběhne za standardních bezpečnostních podmínek dle instrukcí výrobce zaškolenou obsluhou při dodržení bezpečnostních pravidel. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Etické aspekty výzkumu: Výzkumu se zúčastní pouze plnoletí jedinci, kteří nepatří do vulnerabilní skupiny.

Potenciální střet zájmů: Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu nebo integritu výzkumu. Výzkum není prováděn žádnou institucí či organizací. Nejsem v pracovně právním ani rodinném vztahu k žádnému z účastníků. Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu ani výzkum nevedu k osobnímu prospěchu. Nemám žádný profesní vztah k výrobcí přístroje BTL-6000 super inductive systém. Nemám soukromý zájem, aby byl tento výzkum pro výrobce BTL prospěšný.

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, rok narození, výška, váha, laterality a sportovní anamnéza a data získaná výše uvedenými metodami. Všechna data budou bezpečně uchována na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru a přístup k nim bude mít pouze 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 jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou 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.

Fotografie: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena zažermněním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači a přístup k nim bude mít pouze řešitel a vedoucí diplomové práce. Tyto fotografie budou do 1 dne po testování smazány či anonymizovány. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie.

Pořizování videí a audio nahrávek: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné audionahrávky ani videozáznamy. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): přiložen

Povinností 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.

Potvrzují, 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: 9. 2. 2024

Podpis předkladatele:

Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

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

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

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

094/2023

dne:

11. 2. 2024

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

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

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
razítko UK FTVS
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2 – Vzor informovaného souhlasu

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

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 94/2023

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: Superinduktivní magnetoterapie v léčbě svalových dysfunkcí.

Projekt bude probíhat v období: únor 2024 – duben 2024

Cílem projektu je za pomoci testování maximální izometrické svalové síly tahovým dynamometrem Tindeq 300 a funkčních pohybových testů zjistit účinek superinduktivní magnetoterapie neboli repetitivní periferní magnetické stimulace na svaly u sportující populace.

Způsob zásahu bude neinvazivní.

Jedná se o jednu návštěvu, v jejímž průběhu podstoupíte vstupní vyšetření, dvě stimulační procedury (pouze experimentální skupina) a výstupní měření. Celé měření by nemělo trvat déle jak 60 minut. Návštěvy budou po jednotlivcích.

Budete se účastnit výzkumu, kdy nejprve proběhne **vstupní konzultace** za účelem získání základních informací a splnění vstupních podmínek do experimentu. Následně proběhne vstupní vyšetření v podobě dynamometrického vyšetření a funkčních pohybových testů. Dynamometrické vyšetření zahrnuje testování dvou pohybů, a to extenze v kolenním kloubu a extenze v kloubu kyčelním. K měření bude využit protokol, který se skládá ze 3 maximálních pokusů oddělených 90sekundovou pauzou. Vybrán bude vždy nejlepší výsledek. Následně bude změřen Y-balance test, kde bude použit standardizovaný postup měření. Celé vyšetření by nemělo trvat déle než 20 minut.

Po vyšetření proběhne **terapie** za pomoci přístroje BTL-6000 Superinductive system, ve které budou stimulovány dvě svalové skupiny, a to extenzory kolene a extenzory kyčelního kloubu. Stimulační hlavice bude přikládána nad motorické body svalů a bude spuštěn program svalové stimulace. Intenzita stimulace bude nastavena na úroveň prahově motorickou. Tento postup se bude týkat pouze experimentální skupiny. Do dvou skupin budou probandi rozdělení náhodně, tak aby v obou skupinách byl stejný počet účastníků.

Po stimulační proceduře proběhne **výstupní měření** ve stejném obsahu i rozsahu jako měření vstupní.

Během experimentu nebudou použity žádné invazivní metody. Adekvátní a bezpečné podmínky pro aplikaci superinduktivní magnetoterapie budou zajištěny řešitelem práce přítomným po celou dobu měření. Výzkum bude proveden za standardních bezpečnostních podmínek řešitelem práce, který je proškolen k použití přístroje BTL-6000. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Během testování a terapie pro Vás budou zajištěny maximálně možné komfortní podmínky. Měření může způsobit mírnou svalovou únavu ve spojitosti s výkonem pohybové aktivity nezbytné k měření. Žádná část měření by neměla způsobovat bolest. V případě, že budete pociťovat bolest nebo jiné nepříjemné pocity, tak o nich ihned informujte hlavního řešitele. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu

Projektu se nemohou zúčastnit osoby, které se zotavují ze zranění a nesmí podstupovat trénink v plné zátěži. Kontraindikací je také výskyt ková v těle v místě aplikace. Těhotenství je taktéž kontraindikací k provádění výzkumu. V poslední řadě nebudou zařazeni také jedinci trpící akutním infekčním onemocněním, horečnatým stavem, onkologickým nebo kardio-respiračním onemocněním, případně poraněním kůže v oblasti aplikace terapie.

Vaše účast v tomto projektu je dobrovolná a nebudete za ni finančně ani jinak materiálně ohodnoceni/a. Sportovci však dostanou informaci o možném výskytu svalových dysbalancí a budou poučeni o jejich

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

možném řešení – k tomu dojde hned po měření, poté budou data anonymizována a nebude již možné Vaše osobní data identifikovat.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit na e-mailové adrese: petadolni@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, rok narození, výška, váha, laterálnita, sportovní anamnéza a data získaná výše uvedenými metodami. Všechna data budou bezpečně uchována na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru a přístup k nim bude mít pouze 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 jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou 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.

Pořizování fotografií: Anonymizace osob na fotografiích bude provedena začerněním obličejů či částí těla, znaků, které by mohly vést k identifikaci jedince. Neanonymizované fotografie budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači a přístup k nim bude mít pouze řešitel a vedoucí diplomové práce. Tyto fotografie budou do 1 dne po testování smazány nebo anonymizovány. Publikovány budou pouze anonymizované fotografie.

Pořizování videí a audio nahrávek: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné audionahrávky ani videozáznamy.

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu Bc. Petr Valenta

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení Bc. Petr Valenta 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) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k pohybovým aktivitám.** 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. 3 – Charakteristika výzkumného souboru

Experimentální sk.	Proband (n=20)	Letaralita	Pohlaví	Váha (kg)	Výška (m)
	1	P	M	83	1,95
	2	P	M	83	1,84
	3	P	F	61	1,72
	4	P	M	79	1,8
	5	P	M	85	1,98
	6	P	F	71	1,78
	7	L	F	60	1,76
	8	P	F	58	1,71
	9	L	F	59	1,72
	10	P	F	64	1,75
	11	P	F	62	1,73
	12	L	F	61	1,75
	13	P	M	84	1,91
	14	P	M	80	1,85
	15	P	M	79	1,83
	16	L	F	60	1,72
	17	P	F	64	1,73
	18	P	F	61	1,69
	19	P	M	80	1,87
	20	L	M	81	1,84
Průměr				70,75	1,80
St. dev.				10,45	0,08

Kontrolní sk.	Proband (n=20)	Letaralita	Pohlaví	Váha (kg)	Výška (m)
	21	L	M	83	1,95
	22	P	F	65	1,81
	23	L	M	84	1,98
	24	P	F	68	1,84
	25	L	M	79	1,83
	26	P	F	61	1,69
	27	P	F	61	1,72
	28	P	F	63	1,79
	29	P	M	81	1,83
	30	L	M	83	1,84
	31	P	M	80	1,84
	32	L	F	59	1,73
	33	P	F	60	1,7
	34	L	F	58	1,69
	35	P	F	67	1,75
	36	L	M	80	1,88
	37	P	M	79	1,9
	38	P	F	64	1,68
	39	L	F	63	1,75
	40	P	M	84	1,91
Průměr				71,10	1,81
St. dev.				9,97	0,09

Příloha č. 4 – Výsledky testování Y-balance test experimentální skupina

Proband (n=20)	Y-balance test (cm) - Experimentální skupina															
	Nedominantní		Dominantní		Nedominantní		Dominantní		Nedominantní		Dominantní		Nedominantní		Dominantní	
	Ant-před	Ant-po	Ant-před	Ant-po	PM-před	PM-po	PM-před	PM-po	PL-před	PL-po	PL-před	PL-po	PL-před	PL-po		
1	62	61	67	68	101	103	102	102	103	103	102	103	106	107		
2	72	78	71	73	111	113	111	110	108	110	108	110	105	106		
3	63	59	54	55	108	107	108	109	109	96	100	100	95	94		
4	63	66	63	66	109	111	101	110	110	99	100	100	94	106		
5	68	70	68	68	114	114	119	120	101	101	108	108	114	115		
6	62	66	66	66	96	98	101	99	96	96	101	101	97	96		
7	57	61	61	60	99	105	103	106	96	96	103	103	97	98		
8	62	65	61	62	93	97	97	98	97	97	103	103	100	97		
9	59	60	61	61	96	95	95	96	93	93	96	96	96	95		
10	64	68	69	68	100	106	101	104	100	100	102	102	103	105		
11	58	59	65	61	101	105	105	101	100	100	102	102	98	97		
12	62	65	63	63	102	102	107	104	99	99	101	101	104	104		
13	62	65	64	66	102	106	105	107	101	101	102	102	100	99		
14	62	64	66	67	106	109	107	108	99	99	103	103	102	101		
15	63	65	64	65	105	110	100	105	99	99	103	103	101	103		
16	58	62	60	61	97	102	102	103	95	95	100	100	98	99		
17	64	67	65	68	102	101	99	102	99	99	103	103	105	105		
18	60	61	62	62	103	107	104	108	100	100	104	104	101	102		
19	65	66	67	68	109	113	111	109	103	103	110	110	104	104		
20	63	64	63	66	99	105	103	107	105	105	106	106	102	101		

Příloha č. 5 – Výsledky testování Y-balance test kontrolní skupina

Proband (n=20)	Y-balance test (cm) - Kontrolní skupina															
	Nedominantní				Dominantní				Nedominantní				Dominantní			
	Anti-před	Anti-po	Anti-před	Anti-po	PM-před	PM-po	PM-před	PM-po	PL-před	PL-po	PL-před	PL-po	PL-před	PL-po		
21	62	63	62	61	100	100	101	103	103	104	104	103	102			
22	57	56	57	61	98	101	99	105	96	97	97	96	103			
23	68	68	68	70	113	114	114	114	101	102	102	101	108			
24	64	63	64	68	101	104	100	106	100	102	102	100	102			
25	63	64	63	65	107	112	105	110	99	101	101	99	103			
26	61	61	60	61	103	107	103	107	100	101	101	100	104			
27	63	64	63	59	106	107	108	107	96	95	95	96	100			
28	61	61	62	65	102	99	102	102	99	99	99	99	101			
29	62	65	63	64	100	104	99	105	105	104	104	105	106			
30	71	73	72	78	112	111	111	113	108	109	109	108	110			
31	64	65	62	64	104	105	106	109	99	98	98	99	103			
32	62	65	64	67	102	105	102	101	99	99	99	99	103			
33	58	59	58	62	96	97	97	102	95	96	96	95	100			
34	61	62	62	65	95	96	93	97	97	94	94	97	103			
35	63	63	62	66	97	95	96	98	96	95	95	96	101			
36	64	65	65	66	108	106	109	113	103	103	103	103	110			
37	64	67	63	66	111	120	109	111	99	101	101	99	100			
38	59	59	59	60	94	95	96	95	93	92	92	93	96			
39	59	55	58	59	101	97	101	105	100	99	99	100	102			
40	62	64	62	65	104	106	102	106	101	100	100	101	102			

Příloha č. 6 – Výsledky testování izometrická dynamometrie experimentální skupina

Proband (n=20)	Nedominantní		Dominantní		Dynamometrie (kg) - Experimentální skupina			
	Extenze kolene před	Extenze kolene po	Extenze kolene před	Extenze kolene po	Nedominantní		Dominantní	
					Extenze kyčle před	Extenze kyčle po	Extenze kyčle před	Extenze kyčle po
1	63,1	65,2	65,1	66	29	29,4	31	28,7
2	71,7	80,2	83,3	78,5	36,8	44,3	30	37,4
3	43,6	41,9	43,4	44	27	33,5	31,2	33,3
4	62,2	68,3	68,1	66,7	58,1	68,3	69,9	61,2
5	96,3	92,9	102	100,3	46,2	55,5	51,6	52
6	53,2	56,8	67,7	59	24,9	29,5	29,9	28,9
7	61,2	56,8	61,5	65,5	32,5	36	34,8	34,7
8	58	58	59,3	57,5	31,2	31,9	30,9	27,4
9	62	63,8	64,3	65,5	34,2	36,5	36,2	36,4
10	67,5	72,1	76,5	75,8	39,6	39,4	40,9	41
11	49,4	52,5	48,1	49,5	20,7	21,6	20,8	23,9
12	45,8	46,8	51,2	52,4	39,5	44,9	42,2	41,1
13	67,3	69,5	68,5	69,8	40,3	42,2	42,3	41,8
14	74,8	76,2	72,3	74	41,7	43,2	45,6	46,3
15	64,2	67,3	67,9	66,8	60,1	68,3	64,2	63,3
16	62,3	63,5	63,7	65	38,1	39,2	35,6	38,3
17	62,2	65,5	65,3	66,5	28	29,6	31,3	33,7
18	66,5	67,5	68,2	70,1	41,3	43,6	43,4	42,8
19	73,3	81,2	82,4	79,9	36,8	44,3	35,2	42,4
20	70,2	73	73,5	64,8	41,3	42,1	41,4	42,1

Příloha č. 7 – Výsledky testování izometrická dynamometrie kontrolní skupiny

Proband (n=20)	Dynamometrie (kg) - Kontrolní skupina															
	Nedominantní				Dominantní				Nedominantní				Dominantní			
	Extenze kolene před	Extenze kolene po	Extenze kolene před	Extenze kolene po	Extenze kyčle před	Extenze kyčle po	Extenze kyčle před	Extenze kyčle po	Extenze kolene před	Extenze kolene po	Extenze kyčle před	Extenze kyčle po				
21	63,5	64,4	63,1	65,2	29,5	27,2	29	29,4								
22	59,8	63,8	61,2	56,8	31,7	31,6	32,5	36								
23	98,2	96,5	96,3	92,9	46,4	46,8	46,2	55,5								
24	69	68,3	67,5	72,1	38,6	38,7	39,6	39,4								
25	65,2	64,1	64,2	67,3	63,4	62,5	60,1	68,3								
26	66,9	68,8	66,5	67,5	41,2	40,6	41,3	43,6								
27	42,9	43,5	43,6	41,9	28,6	30,7	27	33,5								
28	44,3	45,5	45,8	46,8	41,6	40,5	39,5	44,9								
29	70,3	61,6	70,2	73	39,6	40,3	41,3	42,1								
30	72,1	67,3	71,7	80,2	36,1	43,5	36,8	44,3								
31	74,2	75,9	74,8	76,2	40,2	40,9	41,7	43,2								
32	63	64,2	62,2	65,5	29,3	31,7	28	29,6								
33	59,9	61,2	62,3	63,5	36,6	39,3	38,1	39,2								
34	59,3	57,5	58	58	32,8	29,3	31,2	31,9								
35	52,2	43,5	53,2	56,8	25,6	24,6	24,9	29,5								
36	72,1	69,6	73,3	81,2	38,9	46,1	36,8	44,3								
37	62,4	61	62,2	68,3	57,3	48,6	58,1	68,3								
38	62,1	63,3	62	63,8	32,6	32,8	34,2	36,5								
39	51,2	52,6	49,4	52,5	20,9	24	20,7	21,6								
40	66,8	68,1	67,3	69,5	40,6	40,1	40,3	42,2								

Příloha č. 8 – Seznam obrázků

Obrázek 1 - Provedení Y-balance testu (Manoel 2015)	32
Obrázek 2 - Diagram motorických bodů svalu vastus lateralis. Modré šipky indikují průměr modře vyznačených oblastí, podle kterého byl přihlédán aplikátor. (převzato z Botter at al. 2011)	41
Obrázek 3 - Provedení testu extenze kolenního kloubu (vlastní tvorba, 2024)	43
Obrázek 4 - Provedení testu extenze kyčelního kloubu (vlastní tvorba, 2024)	44

Příloha č. 9 – Seznam tabulek

Tabulka 1 - Souhrn výsledků Y-balance testu.....	47
Tabulka 2 - souhrn výsledků izometrické dynamometrie (n=40) [cm]	52
Tabulka 3 - Srovnání YBT stranové asymetrie (n=20) [cm].....	57
Tabulka 4 - Souhrn Y balance test, srovnání test, retest (n=20) [cm]	61

Příloha č. 9 – Seznam grafů

Graf 1 - Q-Q plot pro zhodnocení normality výsledků Y-balance testu	48
Graf 2 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru anterior (n=40).....	49
Graf 3 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posterolateral (n=40)	50
Graf 4 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posteromedial (n=40)	51
Graf 5 - Q-Q plot nefiltrovaných výsledků izometrické dynamometrie pro zhodnocení normality	53
Graf 6 - Q-Q plot filtrovaných výsledků izometrické dynamometrie pro zhodnocení normality	54
Graf 7 - Srovnání výsledků izometrické dynamometrie extenze kolenního kloubu (n=40).....	55
Graf 8 - Srovnání výsledků izometrické dynamometrie extenze kyčelního kloubu (n=40).....	56
Graf 9 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru anterior (n=20).....	58
Graf 10 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posterolateral (n=20)	59
Graf 11 - Porovnání výsledků Y-balance test ve směru posteromedial (n=20)	60