

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vliv fyzioterapeutické intervence na změnu svalového objemu
stehna po operaci LCA

Disertační práce

Vedoucí disertační práce
Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Vypracovala
Mgr. Michaela Ragulová

Praha, červenec 2023

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

V Praze dne:

.....

Mgr. Michaela Ragulová

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své disertační práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto disertační práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování:

Ráda bych nejprve poděkovala své školitelce doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc. Za její cenné rady a doporučení při vedení disertační práce, konzultace a dohled během celého doktorského studia.

Dále bych ráda poděkovala firmě SolidVision s.r.o, která mi zapůjčila 3D skener Academia50, bez kterého by se nemohl celý experiment zrealizovat.

Abstrakt

Název: Vliv fyzioterapeutické intervence na změnu svalového objemu stehna po operaci LCA

Cíle: Cílem práce je vyhodnotit vliv nově navržené cílené fyzioterapeutické intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazy ve vztahu ke svalovému objemu stehna.

Metody: Výzkumu se zúčastnilo dvacet probandů. Kritéria pro výběr probandů byla stanovena takto: věk, první operace na dolních končetinách a operační přístup bone tendon bone (BTB). Probandi byli náhodně rozděleni do dvou skupin po deseti – výzkumné a kontrolní. Výzkumná skupina absolvovala osm individuálních fyzioterapií, kdy jedna trvala 45 min. V 10. pooperačním týdnu probandům přibyla přístrojová rehabilitace – Imoove. Celkově tato skupina absolvovala devět fyzioterapií během 9. týdnů. Kontrolní skupina měla pouze skupinové cvičení dvakrát týdně v délce 30 minut. Celkem tato skupina absolvovala osm skupinových lekcí po dobu 4. týdnů. Kromě individuální a skupinové terapie probandi absolvovali pětkrát skupinové cvičení v bazénu, šestkrát magnetoterapii na kolenní kloub a šestkrát laseroterapii na jizvu. Pro vyhodnocení efektu aplikované terapie byly použity tyto postupy: pro měření svalového objemu stehna byl zvolen ruční skener Academia50; jako doplňkové hodnocení byla zvolená diagnostická muskuloskeletální ultrasonografie a standardizované diagnostické nástroje: antropometrie, goniometrie, svalový test, rozložení váhy ve stoji na dvou vahách, váha, výška, vibrační čítí; pro funkční hodnocení kolenního kloubu byl zvolen standardizovaný dotazník – Lysholm knee score. Probandi si rovněž vedli deníček v průběhu pooperační rehabilitace, kam si zaznamenávali denní příjem potravin a každodenní pohyb.

Výsledky: Po 9. pooperačních týdnech došlo ke změnám svalového objemu stehna u obou skupin pacientů, ale výsledky nebyly statisticky významné. Ve výzkumném souboru došlo ke svalovému nárůstu stehna na operované i neoperované dolní končetině. V kontrolní skupině byl nárůst svalového objemu velmi nízký, téměř zanedbatelný a u některých probandů došlo i k poklesu svalového objemu. U obou skupin došlo k bodovému nárůstu Lysholm knee score mezi 6. a 15. pooperačním týdnem, což poukazuje na zlepšení funkčního stavu kolene po operaci LCA. Z výsledků vyplývá, že zařazení navržené individuální fyzioterapie po operaci předního zkříženého vazy se jeví více efektivní metodou než stávající, běžně používané postupy v praxi, ve vztahu ke svalovému objemu stehna, který je důležitý pro dosažení plné svalové síly a obnovení svalové souhry dolních končetin.

Klíčová slova: operace, přední zkřížený vaz, BTB přístup, svalový objem, Lysholm knee score, ultrazvuk, 3D skener

Abstract

Title: The effect of physiotherapeutic intervention on the change in thigh muscle volume after LCA surgery

Objectives: The aim of this work is to evaluate the effect of targeted physiotherapy intervention in patients after anterior cruciate ligament surgery in relation to thigh muscle volume.

Methods: Twenty probands participated in the research. The criteria for the selection of the probands were determined as follows: age, first surgery on the lower limbs and bone tendon bone (BTB) surgical approach. Probands were randomly divided into two groups of ten - research and control. The research group completed eight individual physiotherapy sessions, one of which lasted 45 minutes. In the 10th postoperative week, the probands were given additional device rehabilitation - Imoove. In total, this group completed nine physical therapy sessions over 9 weeks. The control group only had group exercise twice a week for 30 minutes. In total, this group completed eight group sessions over a period of 4 weeks. In addition to individual and group therapy, the probands underwent group exercise in the pool five times, magnetotherapy for the knee joint six times, and laser therapy for the scar six times. The following procedures were used to evaluate the effect of the applied therapy: an Academia50 handheld scanner was chosen to measure thigh muscle volume; diagnostic musculoskeletal ultrasonography and standardized diagnostic tools were chosen as additional assessments: anthropometry, goniometry, muscle test, weight distribution while standing on two scales, weight, height, vibration sensation; a standardized questionnaire - Lysholm knee score - was chosen for the functional assessment of the knee joint. Probands also kept a diary during postoperative rehabilitation, where they recorded daily food intake and daily movement.

Results: After 9 postoperative weeks, there were changes in thigh muscle volume in both groups of patients, but the results were not statistically significant. In the research group, there was a muscle increase in the thigh on both the operated and non-operated lower limb. In the control group, the increase in muscle volume was very low, almost negligible, and in some probands there was also a decrease in muscle volume. In both groups, there was a point increase in the Lysholm knee score between the 6th and 15th postoperative weeks, indicating an improvement in the functional status of the knee after LCA surgery. The results show that the inclusion of the proposed individual physiotherapy after anterior cruciate ligament surgery appears to be a more effective method than the existing, commonly used procedures in practice,

in relation to the muscle volume of the thigh, which is important for achieving full muscle strength and restoring the muscle interplay of the lower limbs.

Keywords: surgery, anterior cruciate ligament, BTB approach, muscle volume, Lysholm knee score, ultrasound, 3D scanner

SEZNAM ZKRATEK

AA – aminokyseliny	PL – posterolaterální
ABD – abdukce	PP – pasivní pohyb
ADD - addukce	RK – Rehabilitační klinika
AM – anteriomedialní	T - týden
AP – aktivní pohyb	tj – to je
apod – a tak dále	3D - trojrozměrný
APS – syntéza albuminových proteinů	
BMR – bazální metabolický obrat	
BTB - bone tendon bone	
DK – dolní končetina	
DKK – dolní končetiny	
EAA – esenciální aminokyseliny	
EX – extenze	
FA – faktor fyzické aktivity	
FX – flexe	
HAM – hamstringy	
hl. - hlavička fibuly	
HSS – hluboký stabilizační systém	
L - levá	
LCA – ligamentum cruciatum anterior	
kyč. – kyčelní	
kol. – kolenní	
kl. - kloub	
m. – muscle	
MGF – m. quadriceps femoris	
MBP – odbourávání proteinů	
MPS – syntéza proteinů	
MT – měkké tkáně	
NPB – proteinová rovnováha	
OP - operovaná	
P – pravá	

Obsah

1 ÚVOD	13
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	14
2.1 Anatomické a biomechanické aspekty kolenního kloubu	14
2.2. Poranění předního zkříženého vazy (LCA)	14
2.2.1 Metody náhrad LCA	15
2.2.2 Typy štěpu.....	17
2.2.3 Fixace štěpu	18
2.2.4 Hojení štěpu	18
2.3 Vybrané fyziologické aspekty	19
2.3.1 Kosterní sval	19
2.3.2 Princip svalové kontrakce	20
2.3.3 Změny ve svalové hmotě	21
2.4 Vybrané výživové aspekty.....	22
2.4.1 Bílkoviny.....	23
2.4.2 Aminokyseliny (AA)	24
2.4.3 Načasování příjmu bílkovin vzhledem k zátěži	25
2.4.4 Aerobní cvičení a změny obratu svalových proteinů	25
2.4.5 Energetická bilance	26
2.5 Pohlaví a věk	28
2.6 Vybrané genetické aspekty	31
2.6.1 Hypertrofie a genové vyjádření	31
2.6.2 Rodinná predispozice k poranění LCA.....	32
2.6.3 Riziko ruptur LCA vzhledem ke genetickým variantám	33
2.7 Motivace k pohybu	35
2.7.1 Transkontextový model (TCM)	35
2.8 Vyšetřovací metody používané po operaci LCA.....	37

2.8.1	Technologie 3D Skenování	37
2.8.2	Diagnostická ultrasonografie	38
2.8.3	Antropometrie	40
2.8.4	Funkční svalový test a vyšetření zkrácených svalů dle Jandy	41
2.8.5	Goniometrie	41
2.8.6	Stoj na dvou vahách	41
2.8.7	Lysholm Knee Score	41
2.8.8	Vibrační čítí	41
2.9	Fyzioterapeutická intervence po operaci předního zkříženého vazů	42
2.9.1	Rehabilitace po plastice předního zkříženého vazů	42
2.9.2	Rehabilitační protokoly po operaci předního zkříženého vazů	43
2.9.3	Rehabilitační postupy na RK Malvazinky	49
2.9.4	IMOOVE.....	50
2.9.5	Principy silového tréninku	52
2.9.6	Funkční trénink posilováním vlastním tělem.....	53
2.9.7	Proprioceptivní trénink	54
2.10	Aktuální stav dané problematiky	55
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	59
3.1	Cíle a úkoly práce, výzkumné otázky, hypotézy	59
3.1.1	Cíle práce	59
3.1.2	Úkoly práce	59
3.1.3	Výzkumné otázky práce.....	59
3.1.4	Hypotézy práce	59
4	METODIKA PRÁCE.....	61
4.1	Charakteristika výzkumného souboru	61
4.2	Použité metody	61
4.3	Měření a sběr dat	61

4.3.1 Měření a sběr dat pomocí technologie 3D skenování	61
4.3.2 Měření a sběr dat pomocí diagnostické ultrasonografie	63
4.3.3 Měření a sběr dat pomocí antropometrie	64
4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy	64
4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie	67
4.3.6 Měření a sběr dat pomocí dvou vah	68
4.3.7 Měření a sběr dat pomocí standardizovaného dotazníku Lysholm knee score	68
4.3.8 Měření a sběr dat pomocí nekalibrované ladičky	69
4.3.9 Měření a sběr dat za účelem zhodnocení příjmu jednotlivých živin	70
4.4 Analýza dat	71
4.4.1 T-test nezávislý dvouvýběrový	71
4.4.2 T-test párový	71
4.5 Fyzioterapeutická intervence	71
4.5.1 Výzkumná skupina.....	73
4.5.2 Kontrolní skupina.....	85
5 VÝSLEDKY	89
5.1 Výsledky svalového objemu u operované dolní končetiny při prvním měření (6. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny	89
5.2 Výsledky svalového objemu u operované dolní končetiny při druhém měření (15. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny	90
5.3 Výsledky svalového objemu u neoperované dolní končetiny při prvním měření (6. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny	92
5.4 Výsledky svalového objemu u neoperované dolní končetiny při druhém měření (15. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny	93
5.5 Výsledky bodových rozdílů Lysholm knee score při první návštěvě v 6. týdnu po operaci u výzkumné a kontrolní skupiny	96
5.6 Výsledky bodových rozdílů Lysholm knee score při druhé návštěvě v 15. týdnu po operaci u výzkumné a kontrolní skupiny	97

5.7 Výsledky rozdílů příjmu bílkovin mezi výzkumnou a kontrolní skupinou.....	99
Průměrný příjem bílkovin.....	99
5.8 Výsledky rozdílů příjmu energie mezi výzkumnou a kontrolní skupinou	100
Průměrný příjem energie	100
5.9 Výsledky rozdílů aerobního pohybu mezi výzkumnou a kontrolní skupinou	101
Průměrná doba (min) v aerobní aktivitě (chůze, kolo, rotoped, plavání) po dobu 9. týdnů,	101
5.10 Výsledky rozdílů odporového pohybu mezi výzkumnou a kontrolní skupinou.....	102
Průměrná doba (min) během odporového cvičení (silové cvičení, funkční a proprioceptivní trénink) po dobu 9. týdnů,	102
5.11 Výsledky dalších vyšetření – věk, výška, váha, rozložení dvou vah, Lysholm knee score, rozsah pohybu, svalový test dle Jandy, ladička.....	103
6 DISKUZE.....	117
6.1 Diskuze k hypotéze č. 1	118
6.2 Diskuze k hypotéze č.2	120
6.3 Diskuze k hypotéze č.3	122
6.4 Diskuze k pooperačním komplikacím	125
6.5 Diskuze k opětovnému poranění LCA	127
6.6 Diskuze k novým metodám ve fyzioterapii	128
6.7 Limity studie.....	131
7 ZÁVĚR.....	133
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	135

1 ÚVOD

Ruptura předního zkříženého vazů je stále nejčastějším typem poranění kolenního kloubu. Jelikož dochází po jeho poranění nebo po následném operačním řešení k rychlé atrofii svalstva dolních končetin je včasná rehabilitace velmi důležitá.

Na řadě pracovišť dochází k zařazení i předoperační rehabilitace, která má pomoci se zachováním rozsahu pohybu v kolenním kloubu a předcházet atrofii svalstva dolních končetin.

V České republice je využívána až pooperační péče, kdy řada ortopedů má rozdílné názory kdy začít s rehabilitací po operaci předního zkříženého vazů.

Na Rehabilitační klinice (dále RK) Malvazinky je pooperační rehabilitační péče zařazená v 6. týdnu po operaci předního zkříženého vazů. Ve 4. týdnu pacienti odkládají berle a postupně i ortézu. Od 6. týdne začíná intenzivní rehabilitační program, který kromě skupinových fyzioterapií obsahuje skupinové cvičení v bazénu, laseroterapie a magnetoterapie.

Téma, vliv fyzioterapeutické intervence na změnu svalového objemu stehna po operaci LCA, jsem si zvolila poté, co jsem se ve své diplomové práci věnovala zhodnocení nejčastějších úrazů u házenkářek České republiky. Vybrala jsem si druhé nejčastější poranění, kolene, s nejčastějším typem poranění, ligament. Do své práce jsem kromě standardizovaných vyšetřovacích metod zařadila 3D skener, který hodnotí svalový objem stehna u pacientů po operaci LCA. Skener není v rehabilitaci zatím moc využíván, proto jsem chtěla rozšířit povědomí o něm.

Práce je teoreticko-empirického charakteru. První část práce je zaměřená na teoretické poznatky související s výzkumem. Druhá část práce je věnována vlastnímu experimentu, jeho cílům, metodice, výsledkům, diskusi. V samotném závěru práce shrnuji získané poznatky a možnosti dalšího bádání.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

V této části práce se věnuji tématům, které úzce souvisí s vlastním experimentem. Jedná se o anatomické a biomechanické aspekty kolenního kloubu, poranění předního zkříženého vazy a jeho operační řešení. Dále zahrnuji vybrané fyziologické, výživové, genetické aspekty. Zohledněn je věk a pohlaví probandů vzhledem k svalové hmotě, motivace k pohybu a vybrané vyšetřovací metody vzhledem k výzkumu a fyzioterapeutické intervenci po poranění předního zkříženého vazy.

2.1 Anatomické a biomechanické aspekty kolenního kloubu

Kolenní kloub je kloubem složeným, skládající se z femuru, tibie a pately. Kromě kostí, je kloub obohacen o chrupavčité destičky – meniscus lateralis et medialis. Uvnitř kloubu se nachází dva silné vazy – ligamentum cruciatum anterius (LCA) et ligamentum cruciatum posterius (LCP). Kloubní dutina je ohraničená kloubním pouzdem a vystlána synoviální výstelkou, po stranách kloubní dutiny se nachází postranní vazy (Naňka, 2009).

Stabilita a mobilita, tím se vyznačuje funkce kolenního kloubu. Flexe neboli pokrčení kolene, zajišťují takzvané hamstringy (HAM) – m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. biceps femoris. Extenzi, propnutí kolene, zajišťuje m. quadriceps femoris. Rotační komponentu kloubu zajišťují laterální rotátory – m. biceps femoris et m. tensor fasciae latae a mediální rotátoři – m. sartorius, m. semimembranosus, m. semitendinosus, m. gracilis a m. popliteus. Hamstringy a m. quadriceps femoris působí ve vzájemné synergii, tomuto jevu říkáme Lombardův paradox (Véle, 2006).

Odemknutí kolene, pod kterým si představíme pohyb z extenze do flexe začíná rotací, při které se uvolňují postranní vazy a LCA. Po rotaci následuje pohyb valivý – femur se valí po tibií a obou meniscích. Flexe je dokončená posunem menisců po tibií dozadu. Patela se pohybuje při flexi distálně, při extenzi proximálně (Dylevský, 2007).

2.2. Poranění předního zkříženého vazy (LCA)

Ruptura předního zkříženého vazy (dále LCA) se vyskytuje nejčastěji při sportu. Většina poranění LCA (70 %) vzniká při bezkontaktních atletických pohybech jako je boční skákání, otáčení nebo při dopadu na zem (Griffin, 2000; Boden, 2010).

Sportovci nejčastěji přistoupí k chirurgické rekonstrukci LCA, ačkoli existuje zvýšené riziko opětovného poranění vazů. V literatuře bylo zjištěno, že četnost ruptur štěpu a jeho následného rozrušení je relativně konzistentní na 10–12 % za 3-5 let po operaci (Wright, 2011; Salmon, 2005; Webster, 2014; Shelbourne, 2009).

Primárním mechanismem poranění předního zkříženého vazů (LCA) je přední tibiální translace, během ní dojde ke zvýšení smykové síly díky malé flexi kolenního kloubu a zvýšení tlakové síly na zadní straně tibie (Boyi, 2014; Boden, 2000; Meyer, 2005).

K následným změnám, které řadíme po poranění LCA, patří nestabilita kolenního kloubu spojená s deficitem stoje na jedné dolní končetině a následnou problematickou chůzí, oslabením svalového aparátu dolní končetiny, snížení svalové koordinace, zhoršení propriocepce, podklesnutí kolene při chůzi (takzvaný giving way) (Dobeš, 2015).

Následkem poranění LCA a chirurgické léčby je přetrvávající deficit síly m. quadriceps femoris, který může přetrvávat při aktivitách či po absolvování pooperačních rehabilitací. Pooperační slabost m. quadriceps femoris může změnit pohybové vzorce, snížit funkční výkonnost, zvýšit riziko opětovného poranění kolene, přispívat ke ztenčení femorální kloubní chrupavky (Kuenze, 2015; Lisee, 2019).

Cílem každého lékaře, ke kterému se dostaneme po poranění LCA, je zvolit individuální přístup k následnému operačnímu řešení. Záleží totiž nejen na anatomických parametrech kolenního kloubu pacienta, ale hlavně na stupni porušení vazů. Existuje celá škála poranění vazů: natažení, podvrknutí či prodloužení vazů, ruptura jednoho či obou svazků. Operatér si tedy musí zvolit tu nejvhodnější metodu náhrady LCA (Torabi et al, 2013).

2.2.1 Metody náhrad LCA

Metoda single bundle

Jedná se o takzvanou jednosvazkovou náhradu LCA. Vytvoří se jeden femorální a jeden tibiální tunel (kanál). Jsou situovány přesně doprostřed mezi anteromediální (AM) a posterolaterální (PL) svazek. Metoda je zaměřená na reprodukci AM svazku. PL svazek je velmi důležitý během stability kloubu při plném propnutí kolene, především při rotačním zatížení. Mnohé studie prokázaly, že AM svazek nedokáže sám obnovit plnou rotační stabilitu kloubu, proto se posléze rozvinula dvousvazková metoda náhrady LCA (Li et al, 2013).

Obrázek 1 – anatomie předního zkříženého vazy. Začíná na dorzální části mediální plochy zevního kondylu femuru, upíná se na area intercondylaris anterior. Skládá se ze dvou svazků – AM (anteriomediólní), PL (posterolaterální). Cévní zásobení vazy – arteria genicularis media.



Zdroj: Frei, 2013

Metoda double bundle

Tato technika se stala velmi populární při volbě rekonstrukce LCA. Protože ani jeden ze svazků LCA není schopen plně nahradit funkci celého intaktního vazy. AM sám neumí kontrolovat rotaci a translaci během extenze kolenního kloubu, ale během flexe je jeho funkce blízká intaktnímu vazy. Naopak PL se uplatňuje především při translaci a rotaci během extenze. Od předchozí metody se operace liší použitím dvou svazků (dvou štěpů), každý je fixován a tonizován zvlášť. První se tonizuje a fixuje PL svazek v plné extenzi kolenního kloubu. Poté AM svazek v 45° flexi kolenního kloubu (Ha et al, 2016).

Jiné metody

Augmentace je metoda, kterou mohou pacienti využít, pokud je porušena jen jedna část svazku a druhá je plně funkční. Neporušený svazek zůstává in situ kolenního kloubu, a druhý je rekonstruován. K výhodám této operace patří lepší propriocepce v kolenním kloubu vzhledem k zachování mechanoreceptorů v neporušeném svazku LCA, zvýšená revaskularizace štěpu, možnost lepšího operačního zacílení femorálního a tibiálního kanálu díky přítomnosti neporušeného svazku a také rychlejší nástup na rehabilitaci a návrat ke sportu (Torabi et al, 2013). Mezi další používané techniky patří tonizace, sutura či reinzerce vazy.

2.2.2 Typy štěpu

Operatér před výběrem štěpu musí zohlednit několik faktorů u každého pacienta jako je zdravotní stav, věk a typ pacienta, denní činnosti pacienta včetně případných sportovních zatížení. Lékař zvolí nejen typ štěpu, ale i jeho velikost. Zvětšení velikosti štěpu zvyšuje pevnost a snižuje riziko jeho selhání. Musí se zohlednit ale i celkový předoperační stav pacienta, který souvisí s následnou pooperační rekonvalescencí, například svalové či ligamentózní oslabení aparátu (Hart, 2010; Pauček, 2014).

Autogenní štěpy

Jsou odebírané ze stejného jedince. Výhodou je nejen finanční nenáročnost, ale také nulová imunitní odpověď. Nevýhodou může být delší pooperační rekonvalescence spojená s problémy v místě odběru štěpu. Patří sem následující místa odběrů:

Patelární šlacha

Nejčastější volba při rekonstrukci předního zkříženého vazů, a to zejména u sportovně aktivních jedinců. Takzvaná metoda BTB (bone tendon bone). Odebírá se střední část ligamenta patellae spolu s kostními bločky z dolního konce pately a tuberositas tibie. Výhodami je zejména pevnost (štěp je pevnější než vlastní vaz) a také hojivost kostních bločků. Nevýhodou je zejména bolestivost na přední straně kolene v místě odběru štěpu, ale také větší oslabení m. quadriceps femoris. Během operace často dochází k poranění senzitivní části ramus infrapatellaris nervi sapheni (Hart, 2010; Podškubka, 2002).

Šlachy hamstringů

Tento typ štěpu se volí především u rekreačních sportovců, starších lidí, u žen, ale i u mladších jedinců, protože nedochází k poruše jejich růstu. Používá se šlacha z m. semitendinosus nebo kombinace této šlachy se šlachou z m. gracilis. Mohou být využité jako jedno, dvou až čtyřsvazkové. Samozřejmě čím víc svazků, tím větší pevnost štěpu. Výhodou je nebolestivost na přední straně kolene, ale nevýhoda je zejména ve fixaci štěpu do kostních tunelů, protože šlacha z hamstringů neobsahuje kloubní bloček. Menší nevýhodou může být oslabení hamstringů po operaci (Hart, 2010; Kalina, 2006).

Šlacha z m. quadriceps femoris

Tento typ odběru je využíván velmi málo, i když má velmi dobré výsledky v jednotlivých studiích. Štěp se odebírá ze střední části m. quadriceps femoris spolu s kostním bloček z horní části pately. Pevnost štěpu je až o 20 % vyšší než při odběru štěpu z patelly a je

to dáno především větším poměrem hustoty kolagenu. Nevýhodou je technická náročnost odběru štěpu, oslabení extenzorové skupiny svalů a nepříznivé umístění jizvy (Hart, 2010).

Alogenní štěpy

Tyto štěpy jsou odebírány z jiného jedince stejného druhu, v tomto případě z mrtvolu. Po odběru jsou uchovávány v uzavřených hermetických trubicích skladující se při teplotě – 80°. Takto jsou skladovány minimálně deset dní před použitím (Shino, 1986).

Mezi výhody se řadí zkrácení operační doby, odstranění veškerých možných komplikací po odběru autoštěpu, oslabení svalového či vazivového aparátu, pooperační bolestivost kolene. Nevýhodami může být jednak přenos chorob od dárce (například infekční hepatitidy) nebo delší doba přestavby štěpu (Hart, 2010).

2.2.3 Fixace štěpu

Podle zvoleného typu štěpu operátor určí, jaký zvolí fixační materiál a techniku upevnění štěpu. Zpravidla máme dva typy, přímou a nepřímou techniku fixace štěpu. Přímá technika dovoluje upevnění štěpu přímo v kostním kanále, kde dochází ke kontaktu štěpu s fixačním materiálem. Fixačním materiálem jsou myšlené vstřebatelné či nevstřebatelné interferenční šrouby. Méně využívané jsou takzvané kovové skobky, které se dají také použít k fixaci štěpu v kloubu. Během nepřímé techniky fixace je štěp upevňován extraartikulárně. Nejčastější je technika EndoButton, při které je využívána fixace ve femorálním kostním kanále. Navíc u metody BTB se dají využít i crosspiny (transkondylární fixace). Rozdíly mezi interferenčními šrouby a crosspinami v mechanické pevnosti sice nejsou, ale více jsou využívané právě zmiňované šrouby z důvodu přímé fixace a přímého hojení mezi šlachou a kostí. Při příliš dlouhém štěpu se může použít i skoba, ale ta není tak pevná jako interferenční šrouby (Hart et al, 2010; Höher et al, 1999).

2.2.4 Hojení štěpu

Remodelace štěpu, což znamená správné hojení a přestavba štěpu, má celkem tři fáze: časného hojení, proliferace a ligamentizace. Aby nedošlo k poškození vazů po operaci je důležité vědět, že štěp má v každé fázi hojení jiné mechanické vlastnosti (Smékal, 2014).

1) Fáze časného hojení

Trvá od operace přibližně do čtvrtého týdne po operaci. V této fázi dochází nejprve k aseptické reakci organismu na štěp, následně jeho nekrotizaci zejména v centrální části. Nekróza má za následek otok, který souvisí s lokální hypoxií a zároveň se změnami

osmotických a onkotických poměrů v tkáni. Poté dojde k revaskularizaci, proliferaci, tvorbě extracelulární hmotě a migraci buněk díky uvolněným cytokinům následkem nekrózy a nedostatku kyslíku. V prvním pooperačním týdnu štěp zachovává své kolagenní vlastnosti, ale od třetího týdne se kolagenní vlákna rozpadají díky proteináz. Musíme myslet na to, že během časné pooperační fázi štěp vykazuje snížené mechanické vlastnosti. Nejrizikovějším místem je rozhraní štěpu a kosti a v této fázi může dojít k jeho vytržení z kostního kanálku (Smékal, 2014).

2) Fáze proliferace

Je delší než předchozí fáze a vyznačuje se obdobím od pátého do dvanáctého týdne po operaci. Okolo šestého až osmého týdne se předpokládá snížená mechanická vlastnost štěpu. Okolo šestého týdne je na obvodu štěpu viditelné značné množství celulárních elementů, ale střed zůstává nebuněčný. V buněčné oblasti se nachází aktivní fibroblasty a mezenchymové kmenové buňky, které společně produkují značné množství růstových faktorů. Největší množství růstových faktorů je okolo třetího až šestého pooperačního týdne, od dvanáctého dochází naopak k jejich snížení. Během této fáze dochází k destrukci starých buněk a nahrazování buňkami novými. Postupně se celularita snižuje a více se přibližuje k hodnotám nepoškozeného vazy. Revaskularizace štěpu začíná v období šestého týdne, ale úplná je viditelná až ve dvacátém čtvrtém týdnu po operaci. Rizikem poranění v této fázi je roztrhnutí hmoty samotného štěpu anebo jeho vytržení z kostního kanálku (Smékal, 2014).

3) Fáze ligamentizace

Navazuje na fázi předchozí a její ukončení se nedá zcela říct kdy nastane. Snížené mechanické vlastnosti štěpu mohou přetrvávat i několik let. Během prvních dvou měsíců od operace je štěp nejnáchylnější k jeho selhávání, proto potřebuje vysokou fixační sílu a pevnost spojení. Během prvních třech týdnech po operaci, například brzkým návratem ke sportování či rychlou rehabilitací, je zvýšené riziko poranění štěpu, a tím ohrožené dobré výsledky po rekonstrukci LCA (Smékal, 2014).

2.3 Vybrané fyziologické aspekty

2.3.1 Kosterní sval

Kosterní sval se skládá z postmitotických mnohojaderných svalových vláken, které obsahují kontraktilní prvky kosterního svalu. Ve vývoji se vlákna kosterního svalstva tvoří

migrací svalových prekursorových buněk neboli myoblastů ze somitů do vznikajících svalů, kde se spojí a vytvoří vícejaderná svalová vlákna (Pallafacchina et al, 2013).

V kosterním svalu nacházíme pomalá a rychlá svalová vlákna. V jednom svalu se sice nachází oba typy vláken, ale v různém zastoupení. Funkčně i morfologicky rozlišujeme tři typy svalových vláken: rychlá glykolytická (FG), rychlá oxidativně glykolytická (FOG), pomalá oxidativní (SO). Svalové vlákno je ohraničené sarkolemou. Sarkolema se místy vchlipuje dovnitř a tvoří takzvané transverzální kanálky (T-tubuly), kde se zajišťuje přechod elektrického impulsu do buňky. Uvnitř vlákna se nachází kontraktilní myofibrily, které jsou tvořené myofilamenty, silnějšími myozinovými a slabšími aktinovými vlákny. Aktinové vlákno je tvořené komplexem troponinu, tropomyozinu a aktinu. Kolem aktinu se obtáčí tropomyozin a tím tvoří dvoušroubovici. Troponin má důležitá vazební místa (dohromady tři), kde se váže tropomyozin, kalciové ionty a aktin. Myozinové vlákno obsahuje až dvě stě myozinových molekul. Hlavy s ATPázovou aktivitou mají důležitou funkci při zasouvání vláken na základě Huxleyho skluzného modelu svalové kontrakce. Ca^{++} ionty skladuje sarkoplazmatické retikulum, jsou nezbytné pro svalovou aktivitu. Sarkomera je nejmenší jednotkou kosterního svalu, která je ohraničená Z-liniemi. Dochází v ní ke střídání anizotropních (A) a izotropních (I) úseků. Navíc uprostřed A úseku je H zóna. Každá aktinová molekula obsahuje myozin vázající místo pro tvoření aktinomyozinových můstků (Bartůňková, 2007).

Dále rozlišujeme ještě dva typy vláken v kosterním svalu, extrafuzální a intrafuzální. Svalové vřetenko je tvořené z intrafuzálních vláken, mají zachované kontraktilní vlastnosti, reagují na protažení svalu nebo na změnu rychlosti protažení. Celé vřetenko je tvořené čtyřmi až dvanácti intrafuzálními vlákny. Je připojeno paralelně k vlastnímu svalu a jeho vlákna označujeme jako extrafuzální (Bartůňková, 2007).

2.3.2 Princip svalové kontrakce

Nervosvalová ploténka zajišťuje spojení mezi nervovým a svalovým vláknem. Do terminálního konce axonu motorického neuronu dojde nervový impuls, který vyvolá uvolnění acetylcholinu (Ach). Ten difunduje do synaptické štěrbině a váže se na acetylcholinový receptor nikotinového typu postsynaptické membrány, a tím vyvolá depolarizaci membrány. Zvýšenou propustností pro K^{+} a Na^{+} ionty dojde k přenosu akčního potenciálu (AP). Acetylcholinesteráza inaktivuje Ach a tím nedojde k dalšímu přenosu AP.

AP depolarizuje sarkolemu, šíří se podél T tubulů a otevírá Ca^{++} kanály sarkoplazmatického retikula. Kationty, které se uvolňují do sarkoplazmy putují

k myofilamentům. Vzniká takzvaný kalciotroponinový komplex (troponin navázaný s Ca^{++} ionty), zároveň se zruší vazba mezi troponinem a tropomyozinem a vytváří se aktinomyozinová vazba. Tou vzniknou příčné můstky aktinomyozinu. Dojde k uvolnění volných aktivních míst na aktinu, do kterých se zasouvají hlavy myozinu, zvýší se napětí a vyvolá se izometrická kontrakce (délka svalu se nemění). Při izotonické kontrakci (zkrácení a protažení svalu) se hlavy myozinu posouvají, tenká vlákna aktinu se smekají a přibližují se k centru sarkomery. Navíc je zapotřebí i přítomnost Mg^{++} a dodání energie ATP. Poté dojde k uzavření Ca^{++} kanálů, kationty se vrací z cytoplazmy zpět do sarkoplazmatického retikula, troponin-tropomyozinový komplex se vrací zpět do původní pozice a je znovu zablokována vazba aktin-myozin. ADP se resyntetizuje na ATP, sarkomera se vrací do původní délky a sval relaxuje (Bartůňková, 2007).

Motorická hybná jednotka je spojení jednoho neuronu s několika svalovými vlákny. Obsahuje vždy stejný typ vláken. Stupeň svalové síly určuje zapojení motorických jednotek. Maximum zapojení u silově trénovaných jedinců je až 80 % všech motorických jednotek, u netrénovaných je to 60 % (Bartůňková, 2007).

2.3.3 Změny ve svalové hmotě

Změny ve svalové hmotě mohou být důsledkem v obratu proteinů, to znamená, mezi syntézou a degradací proteinů, a změnami v obratu buněk, které odrážejí rovnováhu mezi myonukleární akrecí a myonukleární ztrátou. Myonukleární akrece (zvýšení počtu myonukleí ve svalových vláknech) probíhá pomocí buněčné proliferace a fúze satelitních buněk, myogenních kmenových buněk spojených s vlákny kosterního svalstva a zapojených do svalového regenerace. Při vyvíjejícím svaly podléhají satelitní buňky proliferaci a většina z nich fúzuje se svalovými vlákny, což přispívá k nárůstu myonukleí během časných postnatálních stádií. Podobný proces je vyvolán u dospělých kosterních svalů cvičením či přetížením (Pallafacchina et al, 2013).

Satelitní buňky ve svalové hypertrofii

Satelitní buňky kosterního svalstva jsou klidové mononukleární myogenní buňky umístěné mezi sarkolemou a bazální membránou terminálně diferencovaných svalových vláken. U dospělých satelitních buněk kosterního svalstva jsou mitoticky klidové, s výjimkou pozdních fází života, regenerace, hypertrofie či atrofie. Při funkčním přetížení dojde k rychlé aktivaci satelitních buněk, které podléhají proliferaci a fúzí s přidruženými svalovými vlákny (Aloisi et al, 1973; Schiaffino et al, 1972; Schiaffino et al, 1976; Morgan et al 2003).

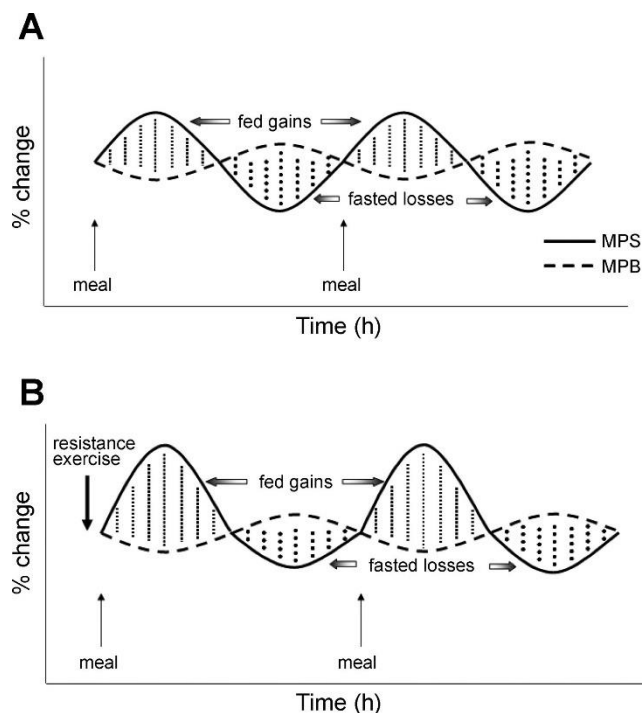
Proliferace satelitních buněk je také indukován cvičením. Již čtyři dny po cvičení a po několika týdnech tréninku se může zásoba satelitních buněk v kosterním svalstvu zvýšit, zatímco po ukončení cvičení se zásoba buněk sníží (Kadi et al, 2005).

2.4 Vybrané výživové aspekty

Během týdne, kdy člověk necvičí a konzumuje přiměřenou stravu zůstává proteinová hmota kosterního svalstva v podstatě nezměněna. Účinku k celkové čisté proteinové rovnováze (NPB) je dosaženo normálními vyváženými fluktuacemi v syntéze svalových proteinů (MPS) a jejich odbouráváním (MBP) ($NPB = MPS - MBP$) (Phillips SM, 2006; Phillips SM, 2005). Výživa a cvičení jsou silné stimuly pro MPS, což je proměnná u zdravých jedinců, která nejvíce přispívá k rovnici NPB (Rasmussen, 2003). Je důležité si ale uvědomit, že stimulace MPS výživou je pouze přechodná, a nemůže vysvětlovat pouze nárůst svalových proteinů. Konzumace bílkovin během regenerace po cvičení je však nezbytná k posunu rovnováhy ve prospěch akumulace svalových bílkovin (Rennie, 2004).

Aby se projevila pozitivní bilance NPB, která se v konečném výsledku shrne do hypertrofie kosterního svalstva, musí být výživa spolu s cvičením využívána současně (Rennie, 2004).

Obrázek 2 - A – změny v syntéze svalových proteinů (MPS) a odbourávání svalových proteinů (MPB) v závislosti na příjmu aminokyselin. B – změny MPS a MPB v závislosti na odporovém cvičení a příjmu aminokyselin. Chronická aplikace těchto anabolických stimulů má za následek svalovou hypertrofii.



Zdroj: Rennie, 2004

2.4.1 Bílkoviny

Jsou obsaženy v mnoha potravinách, ale jejich využitelnost je velmi rozdílná. Z hlediska využitelnosti dominují vejce a mléko. Aminokyselin obsažené v bílkovinách jsou spolu s cholesterolem potřebné pro tvorbu buněčné stěny a v období růstu je jejich potřeba vyšší.

Pokud je v potravě zkombinováno několik druhů bílkovin, jejich využitelnost se mění. Pšeničná bílkovina má využitelnost asi 60 %, sója přibližně 63 %. Důležitý je ale poměr aminokyselin. Pokud některá z esenciálních aminokyselin v potravě chybí, nemůžeme ji nahradit vyšším množstvím jiných bílkovin. Tudíž nejvýhodnější bílkoviny jsou pro nás ty, které obsahují všech osm esenciálních aminokyselin. Suroviny, které tyto podmínky splňují jsou, vejce, masa a mléčné produkty.

Denní příjem bílkovin by měl odpovídat věku a zdravotnímu stavu jedince. Na 1 kg hmotnosti by měl u dětí činit 0,9–1,1 g, u dospělého klienta ve věku do 35 let 0,8 g a nad 45 let méně než 0,7 g.

Mnoho sportovců se mylně domnívá, že pokud zvýší příjem bílkovin, značně jim hypertrofuje svalstvo. Ale opak je pravdou. Značně trénované tělo není schopné účinně zpracovat více jak 2, 2 g bílkoviny na 1 kg hmotnosti denně. Značné množství nadlimitního příjmu bílkoviny je zdrojem živin pro střevní bakterie (Vrána, 2019).

2.4.2 Aminokyseliny (AA)

Máme dvacet jedna různých aminokyselin, ale pouze osm jich je esenciálních. Esenciální AA si naše tělo neumí vytvořit, a pro to je musíme doplňovat prostřednictvím stravy. Máme i několik neesenciálních aminokyselin, které se klasifikují jako semiesenciální AA. Ty jsou pro nás nezbytné ve vzácných případech, jako je například nemoc či stres. Jedná se o arginin a histidin (Vrána, 2019).

Esenciální aminokyseliny (EAA)

Základním stavebním prvkem bílkovin. Jedná se o isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenyloalanin, threonin, tryptofan, valin.

Jsou nezbytné pro stimulaci svalových bílkovin. Dle studií je jejich tvorba závislá na dávce EAA v klidu a po cvičení (Borsheim, 2002; Smith, 1998; Tipton, 1991 et 1999).

Studie, *Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men* (Moore, 2009), se zaměřila na stimulaci MPS a APS po odporovém cvičení. Závěrem studie bylo, že u šesti vzpěračů, kteří bezprostředně po vzpírání užili nápoj obsahující 20 g celovaječné bílkoviny, došlo k maximální stimulaci MPS (syntéza svalových bílkovin) a APS (syntéza albuminových protein).

Řada studií však identifikovala stravitelnost bílkovin jako nezávislou proměnou, která moduluje metabolismus bílkovin (Birire, 1997; Bos, 2003; Dangin, 2001; Dangin, 2003; Fouillet, 2003). Bílkoviny jako syrovátka, sójový protein, které se rychle tráví, vedou k velké a relativně rychlé hyperaminoacidémii, která stimuluje zvýšení syntézy bílkovin v celém těle. Naopak pomalu stravitelné bílkoviny jako kasein, mléko, vedou k mírné hyperaminoacidémii a uplatňují svůj účinek na metabolismus bílkovin primárně inhibicí odbourávání bílkovin v celém těle.

Studie, *Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters* (Hartman, 2007), prokázala, že mléčná bílkovina podporuje větší přírůstek svalové hmoty než sójová bílkovina po zátěži.

Tipton et al (2004) uvedli, že kaseinový a syrovátkový protein stejnou měrou zlepšují rovnováhu bílkovin po cvičení s odporem.

Závěrem těchto studií je, že autoři popisují rozdíly v dostupnosti aminokyselin po konzumaci bílkovin a ovlivňují nejen metabolismus bílkovin v celém těle, ale také MPS v klidu a po zátěži.

2.4.3 Načasování příjmu bílkovin vzhledem k zátěži

Tipton et al (2007) neuvedli žádný rozdíl v MPS při použití syrovátkového proteinu před ani po cvičení. Rasmussen et al (2003) nezaznamenali žádné rozdíly v MPS po cvičení s konzumací bílkoviny s odstupem času jedné a třech hodin po cvičení.

Naopak Hartmann (2007) ve své studii naopak došel k závěru, že u mladých mužů, oddálení bílkoviny o 2 hodiny vede ke sníženému nárůstu svalové hypertrofie svalových vláken a svalové hmoty ve srovnání s okamžitou konzumací bílkovin.

Studie od Esmarcka et al (2001) došla k závěru, že oddálení podání nápoje obsahující bílkoviny, sacharidy a tuky o 2 hodiny po cvičení vede k nižšímu nárůstu síly u starších jedinců.

Studie tudíž naznačují, že zvýšení dostupnosti aminokyselin v těsné časové blízkosti cvičení se jeví jako prospěšné a u starších osob může být dokonce nezbytné k podpoře svalových adaptací vyvolaných odporovým tréninkem.

Ačkoli to nebylo prokázáno, po cvičení, tak v klidu se předpokládá, že při konzumaci suboptimálního množství EAA (6,7 g) mohou starší lidé těžit ze zvýšeného proporcionalního podílu aminokyselin s rozvětveným řetězcem leucinu k vyvolání podobné odpovědi MPS jako u mladších lidí (Katsanos, 2006). Pokud je konzumováno dostatečné množství bílkovin, další leucin je nezbytný (Koopman, 2006; Koopman, 2003; Paddon-Jones, 2003; Symons, 2007).

2.4.4 Aerobní cvičení a změny obratu svalových proteinů

Studie, *Effect of exercise and recovery on muscle protein synthesis in human subjects* (Carraro, 1990), zkoumala odpověď MPS v rámci chůze na běžecím pásu při 40 % maximální absorpci O₂ u netrénovaných subjektů. Prokázaly, že i nízká intenzita cvičení je schopná stimulovat zvýšení MPS.

Tipton et al (1996) ve své studii pozorovali u plavkyň odezvu MPS během tří tréninků (kombinace vytrvalosti a odporových cvičení). Závěrem bylo, že s porovnáním vysoce intenzivních tréninků s klidovým režimem nebyl žádný významný rozdíl a nárůst v MPS.

Naopak chronický aerobní trénink má pozitivní vliv na zvýšení míry bazálního MPS (Pikosky, 2006; Short, 2004).

Jízda na rotopedu je aerobní cvičení, které stimuluje syntézu sarkoplazmatických a myofibrilárních proteinů po dobu 48 a 72 hod. Vytrvalostní cvičení však nevykazuje hypertrofii kosterního svalstva, jak by se dalo čekat při, tak silném zvýšení myofibrilárních proteinů. Pro to cvičení na rotopedu může být spíše považováno za cvičení s nízkou intenzitou (Miller, 2005).

Nicholas et al (2001) zkoumali specifické odpovědi jednotlivých proteinů (myofibrilárních a mitochondriálních) sídlících v kosterním svalstvu po 45 min jízdě na rotopedu (na jedné noze) při 75 % maximální O₂ absorpci u trénovaných a netrénovaných jedinců. Pozorovalo se, zda dojde ke zvýšení syntézy mitochondriálních proteinů. Závěrem bylo, že nedošlo k žádnému pozorovanému zvýšení syntézy mitochondriálních proteinů (Wilkinson, 2008).

2.4.5 Energetická bilance

Aby nedošlo k přírůstku nebo úbytku tělesné hmotnosti musí být příjem a výdej energie v organismu vyvážený.

Bazální metabolický obrat (BMR) je energie, která je potřebná k udržení základních životních funkcí v klidu. Průměrně je to 24kcal/den/kg tělesné hmotnosti. Pro výpočet lze použít například Harris-Benedictův vzorec, který jsem použila i já ve svém výzkumu:

- ženy: $655 + (9,6 \times \text{hmotnost v kg}) + (1,8 \times \text{výška v cm}) - (4,7 \times \text{věk v rocích})$
- muži: $66 + (13,7 \times \text{hmotnost}) + (5 \times \text{výška}) - (6,8 \times \text{věk})$ (Masopust 2004).

Faktor fyzické aktivity (FA)

Energie, která je potřebná na fyzické aktivity, zahrnuje plánované a spontánní činnosti. Tento výdej FA je ovlivněn řadou faktorů například věkem, hmotností, intenzitou a druhem práce, počtem zapojených svalových jednotek. Energetický výdej při lehké tělesné zátěži představuje asi 30-40 % z celkové energetické potřeby. Sportovec v době tréninku/zápasu může spotřebovat 500-1000 kcal/hod, vrcholoví sportovci (atleti) až 1600 kcal/hod, cyklisti 6000 kcal/hod (Bernaciková, 2013).

Pokud dojde ke zvýšení fyzické aktivity je důležité bazální potřebu (výdej) násobit faktorem aktivity:

Tabulka 1 – hrubý odhad energetického výdaje dle faktoru a typu aktivity.

Intenzita	Typ aktivity	Faktor aktivity (x BM)	Energetický výdej (kcal/kg/den)
Velmi lehká	Aktivity: sezení, stání, řízení, vaření, malování, hraní na hudební nástroj, žehlení, sekretářka, student, laboratorní práce, šití, hraní karet	1,3 ženy	30
		1,3 muži	31
Lehká	Chůze s výkonem 2,5-3 mph, práce v domácnosti/restauraci/garáži, péče o děti, plachtění, golf, stolní tenis, truhlář, elektrikář	1,5 ženy	35
		1,6 muži	38
Střední	Chůze s výkonem 3,5-4 mph, nesení zátěže, cyklistika, tenis, lyžování, tanec, práce na zahrádce	1,6 ženy	37
		1,7 muži	41
Těžká	Chůze do kopce, basketbal, fotbal, horolezectví, těžké manuální práce	1,9 ženy	44
		2,1 muži	50
Mimořádná	Profesionální sportovec	2,2 ženy	51
		2,4 muži	58

Zdroj: Wildman, Miller, 2004

Termický vliv (také *dietou indukovaná termogeneze*) představuje energii potřebnou pro ukládání, odbourávání, trávení či přestavbu jednotlivých živin dodaných stravou. U každého nutrientu se liší (sacharidy 4-7 %, tuky 2-4 %, bílkoviny 18-25 %), ale při smíšené stravě se to pohybuje okolo 10 % z energetického bazálního metabolismu.

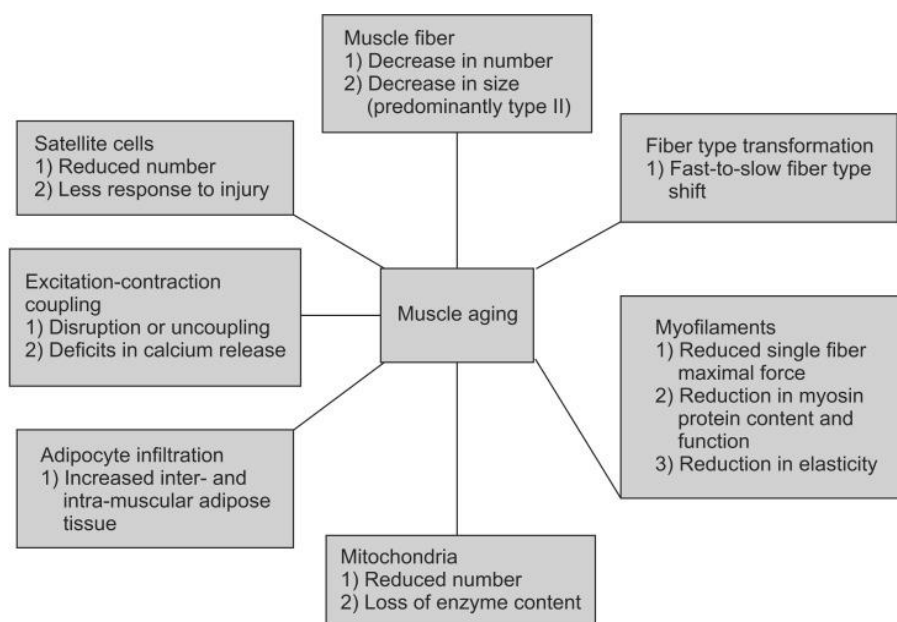
Celkový energetický výdej je součet bazálního metabolismu, koeficientu FA a dietou indukované termogeneze (Bernaciková, 2013).

2.5 Pohlaví a věk

Velmi důležitým faktorem, který musíme zohlednit k úbytku či nárůstu svalového objemu, je pohlaví a věk. Do roku 2050 se lidská populace starších 60 let zdvojnásobí z přibližně 11 % na 22 %, takže na planetě bude žít přes dvě miliardy osob starších 60 let. Zhruba 400 miliónů obyvatelstva bude starších 80 let. Nárůstu vysokého věku života je spojeno s prodlužováním středního délky života (World Health Organization, 2015).

Jedním z nejvýznamnějších charakteristik stárnutí je slabost a atrofie kosterního svalstva.

Obrázek 3 – buněčné a molekulární změny na úrovni svalových vláken přispívající ke stárnutí svalů.



Zdroj: Cruz-Jentoft et al, 2010

Sarcopenie

Pojem, který poprvé použil Rosenberg jako označení ztráty netukové tkáně tělesné hmoty stárnutím (Rosenberg, 1989).

Nedávno byla tato definice rozšířena o svalovou slabost (například sílu úchopu), nižší svalovou hmotu, horší svalová výkonost (pomalá chůze) (Cruz-Jentoft et al, 2010).

Muži ve srovnání s ženami ztrácejí více svalové hmoty a síly zejména v oblasti dolních končetin. Ženy naopak mají více zachovanou svalovou sílu v horních končetinách (Frontera et al, 2000). Ale není zcela prokázané, že věk hraje tak významnou roli s úbytkem svalové hmoty (Hughes, 2001). Jedním z faktorů může být i fyzická aktivita jedince.

Satelitní buňky

Funkcí satelitních buněk je udržovat homeostázu kosterního svalstva a umožnit jejich regeneraci. Dospělé satelitní buňky jsou v klidu, ale pokud dojde k jejich stimulaci (stresem či poškozením) zařazují se do buněčného cyklu, aby buď vytvořily nová svalová vlákna anebo se samy obnovily a doplnily jejich zásobu (Cheung et al, 2013; Yin, H, 2013; Shefer et al, 2006).

Sarkopenie může být spojená i se sníženým počtem satelitních buněk zejména s těmi, které jsou spojené s vlákny exprimující těžký řetězec myosinu typu II. To je relevantní, protože většina motorických jednotek a vláken ztracených ve starším věku jsou typu II. Navíc aktivace satelitních buněk v reakci na poškození svalu je u starších mužů otupěna. Hlavní roli zde hraje interleukin-6, který je považován za pozitivní regulátor v proliferaci satelitních buněk a je přechodně zvýšen po traumatu vyvolaném cvičením (McKay, 2013). Se stárnutím se interleukin-6 zvyšuje a způsobuje svalový katabolismus, pravděpodobně prostřednictvím supresorů cytokinových signálních proteinů. Snižuje se účinek anabolických signálních drah jako je inzulinu podobný růstový faktor IGF-1 (Verdijk, 2007).

Velikost a síla svalového vlákna

Normální velikosti svalového vlákna dosáhneme mezi 12-15 rokem života. V normálním svalu je rozdíl mezi všemi třemi typy vláken méně než 12 % rozdíl v největším středním průměru vlákna. Dospělá svalová vlákna typu I a typu II jsou větší u mužů než u žen. U mužů jsou svalová vlákna typu II větší než u typu I, zatímco u žen je tomu naopak (Dirks, 2002).

Na dolních končetinách je pokles svalové hmoty nejvýraznější, až o 30-40 % poklesem počtu svalových vláken mezi druhou až osmou dekádu života (Lexell, 1995).

Apoptóza může hrát důležitou roli při progresi ztráty svalových vláken během stárnutí (Dirks, 2002).

Velikost svalových vláken je sice také ovlivněna, ale v menší míře. Snížení velikosti svalových vláken je především u vláken typu II a to o 10-40 %. (Frontera, 2000). Naproti tomu vlákna typu I jsou z velké části neovlivněna (Verdijk, 2007; Janssen, 2000; Clark, 2011). Tento jev lze vysvětlit svalovou remodelací motorických jednotek, která většinou vede k denervaci svalových vláken typu II s kolaterální reinervací vláken typu I (Delbono, 2011; Kostek, 2011; D'antona, 2003).

Transformace typu vlákna

Složení svalového vlákna se může měnit v reakci na různé zevní podněty. Například vlákna typu I jsou náchylnější k nečinnosti a atrofii vyvolané denervací, vlákna typu II jsou

více postižena stárnutím, cukrovkou, chronickým srdečním selháním, rakovinou. Rozdíl v typu citlivosti lze vysvětlit reakcí na různé signální dráhy. Například koaktivátor gama receptoru aktivovaný peroxisomovým proliferátorem 1-alfa chrání vlákna typu I před atrofií, zatímco transformující růstový faktor beta a nukleární faktor kappaB ovlivňuje převážně vlákna typu II. Stárnutí je spojeno s přeměnou rychlého vlákna na pomalé, což postihuje převážně vlákna typu II. Změny svalových vláken jsou spojeny se změnami ve složení motorických jednotek závislých na věku (Wang, 2013; Ciciliot, 2013).

Spojení excitace-kontrakce

Fyziologický proces, který převádí akční potenciál na svalovou akci, se odehrává na nervosvalové ploténce. Jedním z klíčových prvků procesu jsou dihydropyridinové receptory, které jsou umístěné v příčném tubulu, jsou důležité, aby docházelo k uvolňování vápníku ze sarkoplazmatického retikula prostřednictvím ryanodinového receptoru. Jakmile je vápník uvolněn z myoplazmy váže se na troponin C a spolu s troponyninem I a T, a tropomyozinem, vede k aktivaci aktinomyozinu. Pokud dojde k rozpojení nebo narušení v jakémkoliv kroku tohoto procesu, může dojít ke snížení aktivace svalových vláken, tvorby síly a nižší celkové svalové síly (Manini, 2012).

Stárnutí myofilamentu

Pro objasnění snížení svalové síly u starších mužů a žen bylo navrženo mnoho molekulárních mechanismů, včetně snížení obsahu proteinu myosinu. Ten může souviset s genovou transkripcí, s abnormalitami v myostatinu genu nebo snížením translace a syntézy proteinů vedoucí k nižší koncentraci myosinu. Mohou být přítomny posttranslační modifikace myosinu prostřednictvím oxidace a glykosylace. Oxidační modifikace myosinu může narušit vazbu myozinové hlavy na aktinové vlákno, a tak snížit počty aktino-myosinových můstků. To omezí sílu a výrobu energie (Moen, 2014).

Infiltrace adipocytů

Stárnutí je spojeno s nárůstem intra i intermuskulární tukové tkáně a bylo prokázáno, že snížení svalové síly souvisí se zvýšeným obsahem tukové tkáně (Goodpaster, 2001).

Ale zároveň nebyl přímý vztah mezi zvýšeným mezisvalovým tukem a svalovou slabostí s věkem prokázán (Delmonico, 2009). Jedním z potenciálních mechanismů, který by vysvětloval, jak tuková tkáň snižuje svalovou sílu, je tumor nekrotizujícího faktoru alfa. Bylo prokázáno, že je tomu tak u srdečních myocytů. Tumor nekrotizující faktor alfa působí přímo na svalová vlákna a může narušovat spojení excitace-kontrakce změnou intracelulárních zásob vápníku (Reid, 2002).

Mitochondriální funkce

Mitochondrie reagují na velké množství intracelulárních signálů, produkce ATP, produkce reaktivních forem kyslíku, citlivost k přechodu permeability. Existují dva možné mechanismy těchto vnitřních mitochondriálních změn: poškození mitochondriálního genomu, který vede ke zhoršené syntéze mitochondrií nebo syntéze mitochondrií s narušenou funkcí, nebo poškození mitochondriálního obratu – narušení a odstranění mitochondrií, což má za následek nahromadění poškozených mitochondrií s poruchou funkce (Joseph, 2013).

Mitochondriální funkci lze částečně ovlivnit cvičením (Trappe, 2013).

2.6 Vybrané genetické aspekty

Důležitou složkou pro hypertrofii kosterního svalstva je nárůst proteinové hmoty v závislosti na reakci s odporovým cvičením. Nárůst proteinové hmoty je výsledkem je zvýšení proteinové syntézy ve vztahu k degradaci. U regulace syntézy proteinů je částečným výsledkem modulace mechanismů zapojených do translace mRNA na protein. Translace mRNA zahrnuje procesy iniciace (důležité regulační místo), elongace a terminace. Modulace iniciace translace během odporového cvičení zvyšuje translaci mRNA, což má za následek globální nárůst proteinů (Bolster, 2003).

2.6.1 Hypertrofie a genové vyjádření

Intracelulární dráha, která zprostředkovává zvýšení syntézy svalových proteinů cvičením, je PI-3 kinaza – mTOR. Aby došlo k přeložení mRNA na protein, musí se nejdříve spojit s ribozomy, aby se vytvořily translačně kompetentní struktury – polyzomy. Pokud dochází ke snížení iniciace translace se polyzomy disagregují a uvolňují mRNA spolu s ribozomálními podjednotkami do neaktivních forem. Naopak stimulace má za následek zvýšení podílu ribozomálních podjednotek v polyzomech (Bolster, 2003).

Baar a Esser (1999) ve své studii zkoumali distribuci ribozomálních podjednotek mezi polyzomálními a nepolyzomálními frakcemi u potkanů po vysokofrekvenční stimulaci (100 Hz) m. extensor digitorum longus. Zjistili, že se ribozomální podjednotky redistribuují do polyzomů šest hodin po elektrostimulaci, což naznačuje, jak je iniciace translace zesílena. Navíc byla viditelná hypertrofie svalu po šesti týdnech stimulací dvakrát týdně, což potvrzuje, že hypertrofie svalstva souvisí se zvýšenou iniciací translace.

Další studie spojují svalovou hypertrofii a zvýšenou syntézu proteinů s aktivací proteinkinázy B (PKB). Bodine et al (2001) ve své studii použili potkaní model zvýšené

chronické pracovní zátěže zahrnující synergickou svalovou ablací k vyvolání hypertrofie m. plantaris. Výsledkem byla zvýšená fosforylace PKB již 3 dny po ablací po dobu 2 týdnů.

Ve studii, *Mediation of IGF-1-induced skeletal myotube hypertrophy by PI(3)K/Akt/mTOR and PI(3)K/Akt/GSK3 pathways* (Rommel, 2001), byl použit inzulinu podobný růstový faktor (IGF-1) k vyvolání hypertrofie myotubulů oblasti C2C12. IGF-1 zvýšil jak fosforylaci PKB, tak vyvolal hypertrofii, což ukazuje na důležitost aktivace signální dráhy PI-3 kinázy hormonem pro hypertrofii.

Navíc Bodine (2001) ve své studii poukázal na přímější spojení mezi PKB se svalovou hypertrofií v krysím modelu, ve kterém byla exogenně exprimována aktivní forma kinázy (caPKB). Ve svalu tibialis anterior se velikost svalového vlákna zvýšila až 1,6krát díky expresi hybridního proteinu skládajícího se z caPKB a zeleného fluorescenčního proteinu (EGFP), oproti svalu pouze s EGFP bez caPKB. Exprese caPKB-EGFP významně snižuje atrofii m. tibialis anterior a její denervaci.

Závěrem mnoha studií lze říct, že existuje mnoho důkazů, které spojují translaci mRNA s růstem kosterního svalstva spolu s modulací genové exprese, vyskytující se u mnoha různých modelů hypertrofie. Ačkoli je mnoha důkazů o podporující roli jedné nebo více proteinkináz při regulaci svalové hypertrofie, nelze jasně stanovit hierarchii, pomocí které by se dalo kvantifikovat příspěvek vybraných signálních drah. Jednotlivě je každý signální protein nezbytný a na mechanismy regulující hypertrofii kosterního svalstva musíme pohlížet jako na integrovanou odpověď. Cvičením, které se vyvolají změny v iniciaci translace mRNA se očekává, že stav fosforylačního faktoru, jakožto i změny v aktivitě proteinkinázy a stavu fosforylace, povedou nejen ke globálním změnám v syntéze proteinů, ale také k selektivním změnám v genové expresi prostřednictvím modulace translace mRNA kódující konkrétní proteiny (Baar et Esser, 1991; Bodine et al, 2001; Rommel et al, 2001; Vyas et al, 2002; Reynolds et al, 2002; Pallafacchina et al, 2002).

2.6.2 Rodinná predispozice k poranění LCA

Studie, *Familial Predisposition to Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review with Meta-analysis* (Hasani, 2022), provedla metaanalýzu a systematický přehled dvanácti studií. Čtyři studie zkoumaly primární poškození LCA (Vacek, 2016; Westin, 2016; Flynn, 2005; Hägglund, 2016), sedm zkoumalo štěp ACL a/nebo kontralaterální ruptury LCA (Mardani-Kivi, 2020; Webster, 2014; Bourke, 2012; Morgan, 2016; Pierce, 2018; Goshima, 2014; Lai, 2017), jedna studie (Bram, 2020) zkoumala jak primární, tak následné

poškození LCA. U všech výsledků rodinná anamnéza zvýšila pravděpodobnost poranění. Pacienti s rodinnou anamnézou měli až 2,5krát vyšší pravděpodobnost, že utrpí primární poranění LCA. Při analýze pohlaví nebyl zjištěn žádný významný rozdíl v pravděpodobnosti poranění LCA. Jak pro rupturu štěpu, tak pro kontralaterální poranění LCA byla pravděpodobnost poranění až 2,38 vzhledem k rodinné anamnéze. Rodinná anamnéza se však studii lišila, někdo uváděl pouze rodiče, někdo sourozence, jiní uváděli příbuzní prvního stupně (Hasani, 2022).

2.6.3 Riziko ruptur LCA vzhledem ke genetickým variantám

Extracelulární matrix (ECM) muskuloskeletálních tkání prochází neustálou remodelací, aby byla zachována homeostáza. Ligamenta jsou schopné reagovat na mechanické zatížení iniciací signalizační reakce prostřednictvím několika drah remodelování matrice, jejichž kolaborativní funkce vedou k degradaci a syntéze složek ECM k udržení homeostázy (Yang, 2005; Jiang, 2012).

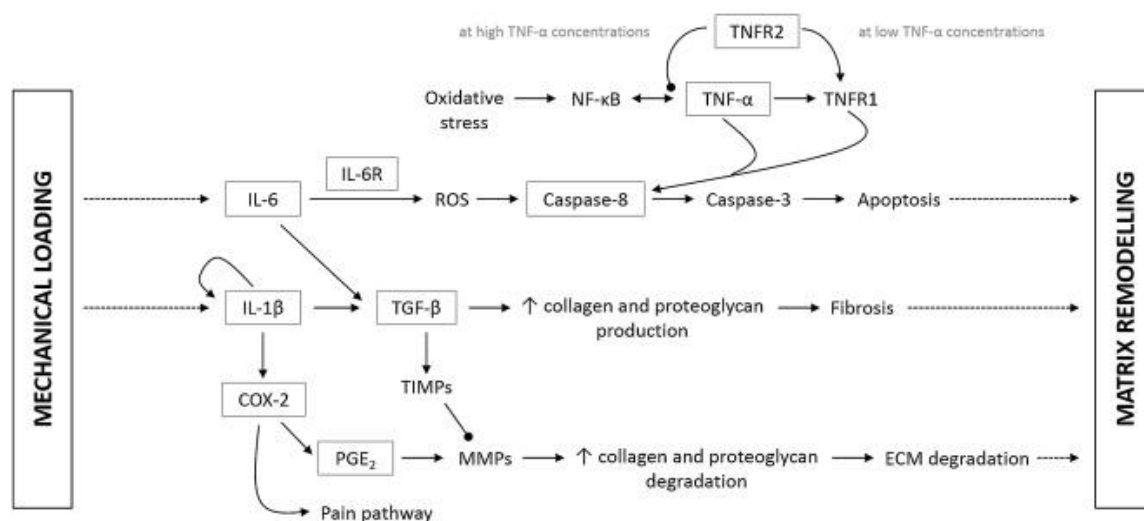
Takový mechanismus je přítomen k vyvolání adaptivních změn v ECM, aby jednak došlo k zachování biomechanických vlastností vazů, a aby byl schopen odolat nárůstu mechanické zátěže při fyzické aktivitě/zatížení (Cox, 2011).

Není vyloučené, že polymorfismy v genech kódující tyto signální molekuly mohou přispívat k individuálním variacím v reakci na mechanické zatížení a potencionálně přispívat k poranění (Rahim, 2017).

Modulátory, které se podílejí na remodelaci matrix, zahrnují cytokiny, růstové faktory a signální molekuly. Bylo zjištěno, že existuje osm genů, které kódují několik takových proteinů. Interleukin-1 β (IL-1 β), kódovaný genem *IL1B*, je protizánětlivý cytokin zodpovědný za aktivaci četných downstream signálních kaskád (Yang, 2005; Thampatty, 2007).

Interleukin-6, kódovaný *IL6*, je pleiotropní cytokin, s klíčovou rolí v apoptóze, a hladina exprese může být korelována vzhledem k závažnosti zánětu. *IL6* uplatňuje své biologické účinky vazbou a tvorbou komplexu s receptorem interleukinu-6 (*IL6R*). Funkční polymorfismy v *IL1B* (rs16944; -511C/T) a *IL6* (rs1800795; -172 G/C) integrovaly s dříve asociovaným polymorfismem *COL5A1* rs12722 (C/T) za účelem modulace rizika tendinopatie Achillovy šlachy (Mokone, 2006; September, 2011) a nesynonymní genotyp AA polymorfismu *IL6R* rs2228145 (Asp358Ala) byl nedávno spojen se snížením rizika vzniku syndromu karpálního tunelu (Burger, 2015).

Obrázek 4 - schématické znázornění následných účinků cytokinů IL-1 β a IL-6, které jsou upregulovány v reakci na mechanické zatížení vazů. Cytokiny iniciují signální kaskády, které vedou k fibróze, apoptóze, degradaci ECM, která kulminuje v remodelaci matrice k udržení homeostázy. Aktivace/upregulace znázorněna (\rightarrow), inhibice/downregulace znázorněna ($-\bullet$). Zkratky: IL-1 β : interleukin-1 β , IL-6 interleukin-6, IL-6R: receptor interleukinu-6, COX: cyklooxygenáza, MMPs: matricové metaloproteinázy, NF-KB: jaderný faktor-KB, PGE₂: prostaglandin E₂, ROS: reaktivní formy kyslíku, TGF- β : transformující růstový faktor β , TIMPs: tkáňové inhibitory metaloproteináz, TNF- α : tumor nekrotizující faktor- α , TNFR1: tumor nekrotizující faktor receptor 1 (také známý jako TNF receptor super rodina 1A), TNFR2: receptor faktoru nekrózy nádorů 1 (také známý jako superrodina receptoru TNF 1B).



Zdroj: Rahim, 2017

Caspase-8, kódovaná genem *CASP8*, je upregulována IL-6 (viz Obrázek č.4), a funguje v dráze apoptotické buněčné smrti. Dva funkční polymorfismy v rámci *CASP8*, rs3834129 ins/del a rs1045485 G/C (Asp302His), byly spojeny s rizikem tendinopatie u mužů (Nell, 2012).

TNF- α je pleiotropní protizánětlivý cytokin a účastní se také buněčné apoptózy a je spojen s řadou onemocnění (Qidwai, 2011). Funguje vazbou na jeden ze dvou receptorů TNF1A nebo TNF1B (Rickaby, 2015).

IL-1 β upreguluje PGE₂ receptor podtypu EP₄, kódovaný *PTGER4*, který je rozhodující pro signalizaci PGE₂. PGE₂ vede ke zvýšené produkci MMPs a degradaci ECM (Thampatty, 2007).

IL-1 β také upreguluje TGF- β což vede ke zvýšené aktivaci TIMP. Kromě toho tři izoformy TGF- β interagují za účelem ukládání kolagenu (Chan, 2008).

2.7 Motivace k pohybu

Sportovní poranění (muskuloskeletální poranění, poranění měkkých tkání) vedou často nejen k oddechu od sportu, ale zvyšují i pravděpodobnost opětovného poranění (Knowles, 2006).

Správná rehabilitace je proto důležitá pro prevenci poranění a pro zlepšení zotavení. Bohužel ne všichni dodržují předepsanou léčbu rehabilitačními fyzioterapeuty či lékaři. Často byla hlášena špatná adheze ke cvičení či vynechání léčebného protokolu (Bassett, 2007; Sluijs, 1993).

Mnoho důkazů naznačuje, že motivace k poúrazové rehabilitaci je kritickým faktorem pro určení adheze ambulantních pacientů k léčbě (Chan, 2009; Hagger, 2005; Ryan, 2008; Williams, 2002).

2.7.1 Transkontextový model (TCM)

Integrovaná sociálně kognitivní a motivační teorie vysvětluje přenos motivace z jednoho kontextu (například kontext tělesné výchovy) do jiného související kontextu (pohybová aktivita ve volném čase) (Hagger, 2005; Hagger, 2003; Chatzisarantis a Hagger, 2009; Hagger, 2005).

Integrovaná sociálně kognitivní teorie je zásadně založena na současné teorii motivace a sebeurčení (SDT) a předpokládá, že lidské chování se řídí důvody, které jednotlivci přisuzují jednání. Tyto důvody jsou známé jako motivy či pravidla chování. Když je akce provedená, protože je pocíťována jako osobně důležitá, sebeiniciována s hluboko zakořeněnými hodnotami, podle SDT je akce regulována sebeurčenou a autonomní motivací. Kromě toho SDT také kontroluje nesamostatné nebo kontrolní formy motivace, které se vyznačují chováním s ohledem na vnější podnět. Jednotlivci, kteří uvádějí tento druh chování pro jednání jsou donuceni nebo pod tlakem (interpersonálním či intrapsychickým) jednat. Autonomní motivace je důležitá, protože je spojena s optimální autoregulací chování. U jedinců s vysokou autonomní motivací k určité aktivitě nebo chování je pravděpodobnější, že prokážou adaptivní behaviorální reakce (například vytrvalost) a psychickou pohodu, protože je to přirozené pro jejich povahu a tendencí k růstu a rozvoji (Deci and Ryan, 2013; Deci and Ryan 1985; Ryan, 1989; Hall, 2010).

Primární hypotézou TCM je, že vnímání podpora ze stran sociálního činitele (například učitele/trenéra) má vliv na autonomní motivaci jedince v jednom kontextu, ale také nepřímo na autonomní motivaci v jiném souvisejícím kontextu (Hagger, 2005; Hagger, 2003; Hagger, 2009).

Tento transkontextový vliv vnímání podpory autonomie je založen na asociaci mezi autonomní motivací ke dvěma úzce souvisejícím akcím nebo jedinému chování v těchto dvou kontextech. TCM získal podporu ve výzkumu mezi středoškolskými studenty tělesné výchovy ve Spojeném království. Potvrdili souvislosti mezi autonomie ze strany učitele, autonomní motivací žáků získaných v televizi a autonomní motivací ve volnočasových aktivitách (Hagger, 2003).

Podle Haggera (2003) je transkontextový proces motivace odvozen z hierarchického modelu motivace navrženého Vallerandem. Podle něj je motivační dynamika reprezentována uvnitř jednotlivců na třech vzájemně propojených úrovních: globální, kontextové a specifické (Vallerand, 2000; Vallerand, 1997).

Motivace na specifické úrovni

Motivace závislá na určitém chování v daném kontextu a čase. Například pokud jedinec cvičí pro radost z fyzické aktivity, je pravděpodobné, že cvičební chování je čas od času řízeno autonomní motivací. Cvičení bude rozdělené do několik dílčích složek (zahřátí, silový trénink, regenerace), přičemž motivace k jednotlivým složkám bude autonomní. Pokud je efektivní rehabilitace po sportovním poranění považována za způsob, jak v budoucnu pokračovat ve sportu, může být vytvořena asociaci motivačních konstruktů mezi sportem a rehabilitací, protože léčebné chování je považováno za dílčí složku fyzické aktivity (Vallerand, 2000; Vallerand, 1997).

Motivace na kontextové úrovni

Motivace na kontextové úrovni je silně ovlivněná vnímání podpory autonomie. Převod motivace by měl být podnícen významnými jinými osobami, které v obou kontextech TCM uplatňují konzistentní podporu autonomie. Pokud si jedinec myslí, že významní sociální činitelé (například trenéři) ovlivňují jeho autonomii, tak nejen že bude vysoká autonomní motivace ke svému sportu, ale budou mít také vysokou autonomní motivaci v daném kontextu, například v rehabilitaci po zranění (Vallerand, 2000; Vallerand, 1997).

Motivace na globální úrovni

Motivace známá také jako obecná kauzální orientace. Jedinci, kteří vysoce hodnotí orientaci na autonomii, mají tendenci přijímat vlastní důvody k chování a chovat se podle svých osobních cílů a zájmů. Naopak je to u jedinců, kteří hodnotí kontrolovanou orientaci, ti přijímají

nesamostatné důvody k jednání a mají sklon se tak chovat, protože se cítí být zavázáni nebo jsou ovlivněni vnějšími vlivy (například platové podmínky). Proto sportovec orientovaný autonomní kauzalitu vnímá svého trenéra jako podporující autonomii, může tak vnímat i svého fyzioterapeuta, když se zraní (Vallerand, 2000; Vallerand, 1997).

Studie, *Treatment motivation for rehabilitation after a sport injury: Application of the trans-contextual model* (Chan, 2011), použila model TCM k pochopení vztahu mezi sportovní motivací, motivací k léčbě a podporu autonomie. V rámci této studie se porovnávaly dva výzkumy, které použily transkontextový model k pochopení vztahů mezi sportovní motivací, motivací k léčbě a podporou autonomie. Prvního výzkumu se zúčastnili rekreační sportovci s lézí LCA, druhého profesionální sportovci se zkušenostmi se středními až těžkými poraněními. Výsledkem bylo, že u obou výzkumů autonomní a řízená sportovní motivace tvořily pozitivní asociace s autonomní a řízenou léčebnou motivací při kontrole efektu podpory autonomie ze strany fyzioterapeutů.

2.8 Vyšetřovací metody používané po operaci LCA

K měření svalového objemu je možné využít i technologie 3D skenování, konkrétně ručního 3D skeneru. Jelikož skener neumí nahlédnout dovnitř tkáně, tak jsem zařadila do dalšího hodnocení diagnostickou ultrasonografií, zejména z důvodu pooperační tekutiny v kloubu.

Svalová síla je lineárně úměrná fyziologické ploše průřezu, která se získá z objemu svalu děleného délkou vlákna (Fukunaga et al, 2001).

Měření svalového objemu a délky svalu lze využít k změření svalové kontraktury a pozorování změn v důsledku operačního zákroku či speciálních sportovních dovedností (Fry et al, 2007; Kawakami et al, 2008).

Přesné odhady svalového objemu a délky svalu jsou důležité pro muskuloskeletální modelování (Fukunaga et al, 1997).

2.8.1 Technologie 3D Skenování

Pokrok v technologiích 3D skenování za účelem vytvoření takzvaného 3D modelu lidského těla nám dává další možnost analýzy lidského těla v jeho skutečné trojrozměrné podobě. Právě tyto možnosti mohou být s výhodou využitelné i v oblasti rehabilitace.

Pozorování všech tří dimenzí (3D), místo dvou (2D) nám umožňuje například lepší automatická antropometrická měření, detekovat změny na tvaru těla aj (Đonlić, 2017).

V 3D zobrazování lze využít několik typů zobrazovacích metod. Nejvíce se používají laserové linky (LL) a strukturované světlo (SL), ale ve specifických případech se využívají více pohledové kamerové systémy a milimetrové vlny (Daanen, 2013).

Nejen v lékařství, ale například i v oděvním průmyslu nebo při analýze kinematického pohybu lze používat 3D celotělový skener (Đonlić, 2017).

Skener promítá obrazec strukturovaného světla (SL), podobný známému QR kódu, na povrch skenovaného objektu, v našem případě na povrch dané části těla (stehna), a snímá zakřivení tohoto obrazce na povrchu skenovaného objektu (stehna). Poziční body (reflexní značky, targety) se umístí na skenovaný objekt (stehno) nahodilým způsobem. V tomto případě čím větší nahodilost, tím lépe pro skener. Při této nahodilosti nenastane žádný případ dvou totožných uskupení čtyř bodů na objektu (poziční model tvořený z reflektivních bodů bude v každém místě objektu jednoznačný). Vzájemná pozice jednotlivých pozičních bodů v prostoru slouží pro správné zarovnání všech snímků pořízených skenerem. Skener provede cca 30 snímků za sekundu, ty následně musí zarovnat vůči sobě správně (za pomoci pozičních bodů), aby byl schopen vytvořit polygonovou síť (3D model).

Výhodami skenování je jeho práce s přesností, což se dá považovat za důležitý parametr, který pomáhá identifikovat změny v lidském těle během skenování. Další výhodou je pořízení samotného snímku, které trvá pouze několik sekund. Skenery jsou pohyblivé, tudíž skenované tělo vyšetřovaného může zůstat v neměnné poloze. Jednoduchá manipulace, zařízení je automatické a před každým skenováním se nemusí složitě nastavovat. Flexibilita, schopnost skeneru skenovat celé tělo nebo drobné detaily. Pro terapeuta a pacienta je technologie 3D skenování bezpečná a zcela neškodná. Skenování vykazuje nízké provozní náklady. Dále má skenování potenciál vytvořit design implantátu s komplexní geometrií. Stále se technologie 3D nejčastěji využívá při návrhu produktu a pro vylepšení a úpravu jeho dílů (Lerch, 2008; Chromy, 2014; Dong, 2015; Izatt, 2007; Cho, 2005; Salleh, 2011; Mckinnon, 2002; Lopes, 2010; Hwang, 2001; Hong, 2004; Paquette, 1996; Javaid, 2019; Li, 2005; Haleem, 2016; Skenování ve 3D).

2.8.2 Diagnostická ultrasonografie

Kolenní kloub je jedním z nejlépe dostupných lidských kloubů pro ultrazvukové vyšetření. Je levnější a dostupnější metodou než například magnetická rezonance (dále MRI). Sonolog může pozorovat tkáň během aktivního i pasivního pohybu v kloubu. Během

sonopalpace nám bolest pacienta umožní lépe lokalizovat patologii v pohybovém aparátu (Paczesny, 2011).

Hypotrofie svalstva m. quadriceps femoris je po poranění LCA běžná. Více ze čtyř hlav dochází k atrofii vnitřní hlavy m. quadriceps femoris. Spolu s objemem dochází i k úbytku svalové síly, a k tomu může přispět výpotek a bolest kolenního kloubu (Thomas, 2016).

Palmieri-Smith et al (2013) prokázali ve své studii, že až 60ml fyziologického roztoku je schopné vyvolat snížení svalové síly o 13 %.

Ultrasonografie pracuje ve vyšším frekvenčním rozsahu, 20 000 Hz, který normálně člověk neslyší. Vlnová délka je délka prostoru, ve kterém probíhá jeden cyklus. Frekvence je počet cyklů, kterými akustická proměnná projde za 1 sekundu a vyjadřuje se v Hz a MHz. Ultrazvuk používáme v detekci muskuloskeletálních poruch spíše pulz než souvislou vlnu. Tento koncept se nazývá zobrazování pulzního echa s několika cykly ultrazvuku, kteří tvoří pulz (van Holsbeeck, 2001). Pulzní ultrazvuk se vytváří aplikací elektrických impulsů na převodník (Kremkau, 1998). Popis počtu pulzů za 1 sekundu se nazývá frekvencí opakování pulzů a je vyjádřen v jednotkách kHz (Roberts, 2002).

Převodník generuje ultrazvukové impulzy, které jdou do těla pacienta a vytvářejí ozvěny na hranicích orgánů a v tkáních. Tyto ozvěny se poté vrátí do snímače a jsou zobrazeny na displeji. Ultrazvuk zpracuje jednotlivé ozvěny a ukazuje je jako viditelné body, který tvoří anatomický obraz. Jas displeje odpovídá síle ozvěny (van Holsbeeck, 2001).

Nejběžnějším skenovacím formátem v diagnostické muskuloskeletální ultrasonografii je lineární skenování. Pojem lineární pole naznačuje, že existuje pole vytvořené z obdélníkových prvků uspořádaných do čáry. Převodníky lineárního pole poskytují optimální obraz a mají zvukový paprsek kolmý na šlachu v celém zobrazovacím poli. Ultrazvuková energie je přenášena vlnami, které mají průměrnou rychlost šíření v měkkých tkáních, kromě kostí, 1,54 mm/s nebo přibližně 3300 mil/h (Roberts, 2002).

Ultrazvukové vyšetření se provádí pomocí ultrazvukového měniče, což je ruční součást, která pracuje podle piezoelektrického jevu. Piezoelektrina zahrnuje přeměnu tlaku na elektrické napětí. Ultrazvukové měniče přeměňují elektrickou energii na energii ultrazvukovou a naopak (van Holsbeeck, 2001).

Axiální rozlišení je schopnost rozdělit dva objekty jako oddělené, i když leží přímo nad sebou. Zároveň je to také minimální separace reflektoru požadovaná ve směru pohybu zvuku k vytvoření oddělených ozvěn (Kremkau, 1998).

Pomocí ultrasonografie lze snadno diagnostikovat pooperační otoky kolenního kloubu, lze pomocí něho vyloučit či potvrdit ruptury měkkých tkání kolene, například patelární šlachy.

Laine (1987) ve své studii, *Ultrasound in the evaluation of the knee and patellar regions*, hodnotil ultrazvukem u 25 pacientů poranění kolene. Ultrazvuk odhalil tři částečné infrapatelární ruptury šlachy, šest starších poranění infrapatelární šlachy s fibrózou a jizvovou tkání, jeden případ prepatelární burzitidy, čtyři Bakerovy cysty, tři intraartikulární chrupavčité poranění. Kálebo (1991) ve své studii, *Ultrasonography in the detection of partial patellar ligament ruptures (jumper's knee)*, pomocí ultrazvuku diagnostikoval částečné ruptury v proximální části patelární šlachy. Chronickou bolestí kolene trpělo 81 sportovců a 25 z nich dostalo chirurgickou léčbu, u kterých ultrasonografie diagnostikovala rupturu. Autoři došli k závěru, že ultrasonografie je z hlediska nákladů, neinvazivní metodě, opakovatelnosti a přesnosti nejlepší volbou při hodnocení skokanského kolene.

Diagnostikovat ultrasonografií se dá i ruptura předního zkříženého vazy, ač lepší variantou stále zůstává MRI s předností 95–98 % (Gelb, 1996). Kelsch (1996) ve své studii, *Ultrasound imaging of the anterior cruciate ligament. Possibilities and limits*, úspěšně diagnostikoval ruptury LCA s přesností 79 %. Richter (1996), *Diagnosis of acute rupture of the anterior cruciate ligament. Value of ultrasonic in addition to clinical examination*, ve svém měření ultrasonografem diagnostikoval rupturu LCA s přesností 88 %.

Zařazení technologie 3D skenování ve vztahu k svalovému objemu stehna spolu s muskuloskeletální ultrasonografií ve vztahu k pooperační tekutině v kolenním kloubu jsme demonstrovali v článku *Využití přístrojové technologie v rehabilitaci. Zkušenosti z praxe* (Ragulová et al, 2022). Pacientka, která je v článku měřena již zmíněnými metodami, prodělala tři operace kolenního kloubu po distorzi. Skener odhalil, že po řadě rehabilitací po operacích, přetrvával u pacientky stále snížený objem stehna a to o 566 100,25 mm³. Navíc byla stále přítomna tekutina uvnitř kolenního kloubu, která mohla mít vliv na nedostatečné zapojení svalů dolních končetin a jejich přetrvávající atrofii.

2.8.3 Antropometrie

Jednoduchá spolehlivá metoda pro kvalifikaci tělesné velikosti a proporcí měřením obvodu, tloušťky kožní řasy a délky těla. Lze z ní předpovědět nejen celkový tělesný tuk, ale také regionální tuk a kosterní svalstvo. Výhodami této techniky je, že antropometrie je přenosná, levná, neinvazivní a užitečná v terénních studiích (Wang et al, 2006).

2.8.4 Funkční svalový test a vyšetření zkrácených svalů dle Jandy

Funkční svalový test dle Jandy je pomocná analytická vyšetřovací metoda, která pomáhá při analýze jednoduchých hybných stereotypů, informuje o svalové síle jednotlivých nebo svalových skupin tvořící funkční jednotku, při určení rozsahu a lokalizace léze motorických periferních nervů. Vyšetření zkrácených svalů je vlastně hodnocení pasivního rozsahu pohybu v kloubu v takovém směru či pohybu, abychom zasáhli co nejlepší izolovanou svalovou skupinu (Janda, 1996).

2.8.5 Goniometrie

Diagnostická metoda, která se určuje k měření rozsahu pohybu v kloubu jak při pasivním, tak aktivním pohybu. Během tohoto měření se zjišťuje úhel, kterého je možné v daném kloubu dosáhnout jak při aktivním, tak pasivním pohybu. Měření probíhá pomocí goniometru (Dylevský, 2007).

2.8.6 Stoj na dvou vahách

Měření, které je velmi jednoduché a zároveň dobře proveditelné v terénu. K vyšetření potřebujeme dvě váhy. Nesleduje držení těla, ale zajímá nás rozložení váhy při stoji. Pokud dojde při stoji na dvou vahách k velkým odchylkám (akceptovatelné je 10 % z celkové hmotnosti) svědčí to o posturální odchylce, například skoliotickém držení těla (Véle, 1997).

2.8.7 Lysholm Knee Score

Škála, která hodnotí funkční stav kolenního kloubu. Byla poprvé představená lékařské komunitě roku 1982 a upravená roku 1985. I když měří pouze ADL (Activity of daily living) po rekonstrukci LCA, zůstává ale i nadále jedním z nejčastějších hodnotících nástrojů. Dá se využít i u dalších poranění například menisků, patelofemorálních bolestí, dislokace pately, syndrom patelární plíky, poruchy chrupavky (Barber-Westin, 2017).

2.8.8 Vibrační čítí

Kvalitativní metoda, která patří mezi nejjednodušší vyšetřovací metody hluboké citlivosti, konkrétně vibračního čítí. Metoda, která hodnotí trvání vibračního vjemu poskytuje možnost hodnocení určité kvantifikace podnětů a dá se řadit mezi semikvantitativní testy. Vyšetření se provádí na takzvaných kostních prominencích, to znamená tam, kde kostní

výstupky jsou co nejbliže pod kůží s minimální vrstvou tukové, vazivové či svalové tkáně (Vlčková, 2014).

2.9 Fyzioterapeutická intervence po operaci předního zkříženého vazů

Na různých pracovištích, v různých zemích jsou využívány rozdílné rehabilitační postupy po operaci předního zkříženého vazů. V následující pasáži byl proveden přehled postupů, které vycházejí z aktuální literatury.

2.9.1 Rehabilitace po plastice předního zkříženého vazů

Fyzické faktory

Jedním z kritérií po operaci předního zkříženého vazů je dosažení plné aktivní a pasivní extenze v kolenním kloubu. Ztráta extenze vede ke zvýšeným kontaktním tlakům kloubní chrupavky a inhibici m. quadriceps femoris. Ztráta extenze o 3-5° nebo hyperextenze kolenního kloubu vede ke zvýšenému riziku osteoartritických změn a je častou příčinou reoperací kolenního kloubu. Úplné extenze by mělo být dosaženo již předoperačně. Strategii k dosažení plné extenze je například nošení kolenní ortézy po operaci během spánku (koleno je v ní uzamčené v plné extenzi) nebo protahování dolních končetin (Cavanaugh, 2017; Harner, 1992, Shelbourne, 2009; Shelbourne, 2012; Wylie, 2017; Robertson, 2009).

Dalším cílem rehabilitace je aktivace a posílení m. quadriceps femoris. Výpotek uvnitř kolenního kloubu ovlivňuje zapojení a správné posílení m. quadriceps femoris. Kloubní výpotek je snímán mechanoreceptory pouzdra s následnými inhibičními signály do m. quadriceps femoris. Posílení m. quadriceps femoris je klíčové proto, neboť jeho atrofie je spojena s deficitem ve funkčních testech založených na výkonu a přispívá k dlouhodobým deficitům síly při extenzi v kolenním kloubu (Palmieri-Smith, 2013; Lepley, 2014; Thomas, 2016; Williams, 2005).

Eitzen (2009), de Jong (2007) ve svých studiích prokázali, že pacienti, kteří mají sníženou sílu m. quadriceps femoris před operací mají po operaci předního zkříženého vazů sníženou funkci kolene.

Americká terapeutická asociace (Logerstedt, 2010) doporučuje okamžitou mobilitu operovaného kolene do jednoho týdne po operaci, aby došlo ke zvýšení rozsahu pohybu v kloubu a snížení nepříznivého stavu měkkých tkání.

Psychologické faktory

Kromě fyzických faktorů jsou pro rehabilitaci po operaci předního zkříženého vazů také důležité psychologické faktory, zejména motivace a vlastní soustředěnost. Pokud má pacient motivaci se vrátit co nejdříve ke sportu, kterému se věnoval před poraněním předního zkříženého vazů, tak právě vlastní píle a soustředěnost působí velmi dobře na jeho psychiku a tím i na důslednější rehabilitaci kolenního kloubu (Christino, 2005; Ardern, 2014; Ardern, 2013).

Neurologické faktory

Centrální nervový systém může ovlivnit účinky pooperačního zánětu, výpotku kolenního kloubu či nedostatek vazivových mechanoreceptorů. Kromě aferentních poruch mohou faktory řízené zkušenostmi pacienta (jako bolest pacienta, kompenzační mechanické vzorce, pooperační rehabilitace) vést k neuroplastickým alteracím, včetně snížené nervové excitability. Snížená excitabilita motorického kortexu po plastice předního zkříženého vazů zvyšuje požadovaný stimul v motorickém kortexu potřebný pro aktivaci m. quadriceps femoris a ke kontrole kolena v pohybu (Kapreli, 2009; Park, 2005; Lepley, 2014; Pietrosimone, 2015; Pietrosimone, 2013; Baumeister, 2011).

2.9.2 Rehabilitační protokoly po operaci předního zkříženého vazů

Fyzioterapie je často zahájena od tří dnů od operace LCA. Pacient je po operaci instruován ohledně správné chůze s berlemi, o využívání kryoterapie pro zvládnutí bolesti a otoku kolenního kloubu. Použití pooperační ortézy je rozhodnutí, které určuje operátor a může nebo nemusí být použito. Časná pooperační rehabilitace je klíčová pro zlepšení rozsahu pohybu kolenního kloubu. Doporučuje se, aby pacient během 2. týdnů získal plný rozsah pohybu do extenze (pasivní i aktivní pohyb). Pokud pacient nedosáhne plné extenze tak to může mít dlouhodobý dopad na bolest, chůzi i funkci kolene, přičemž artrofibróza je potencionální komplikací. Jedná se o zánětlivou reakci, která se projevuje ztuhnutím a omezením pohybu kolene. Ztráta flexe v kolenním kloubu po operaci LCA nebývá takovým problémem jako ztráta extenze. U rozcvičování flexe v kolenním kloubu obecně platí: 90° v 1. týdnu, 100° ve 2. týdnu a 120° ve 3. týdnu po operaci LCA. Plné flexe by mělo být dosaženo v 6. týdnu po operaci LCA (Adams, 2012; Chen, 2011).

Typické rehabilitační protokoly po plastice předního zkříženého vazů jsou následující:

- *Časná pooperační fáze* – zaměřuje se na zvětšování rozsahu kolenního kloubu, minimalizaci výpotku a bolesti kolene, aktivace svalové síly a kontroly kolene, nácvik chůze.

- *Fáze posilovací a nervosvalové kontroly* – zahrnuje progresi funkční síly dolních končetin, zlepšení rovnováhy a nervosvalové kontroly.
- *Pokročilá posilovací fáze* – zařazujeme plyometrická cvičení, agilitu aktivit, běhu a raného sportovního tréninku.
- *Závěrečná fáze* – zaměřuje se na návrat ke sportovním aktivitám s pokračující silovou složkou tréninku a nervosvalové kontroly.

K optimalizaci výsledků a bezpečného návratu ke sportu je vyžadováno vhodné rozhodování rehabilitačního týmu na základě předem stanovených kritérií v těchto protokolech. Fyzioterapeuti by měli vzít v potaz všechna doprovodná poranění, například poranění menisku, defekty kloubní chrupavky aj (Eckenrode, 2017).

Grinsven et al (2010) ve své studii, *Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction*, provedl systematický přehled studií, aby vyvinuli optimální rehabilitační protokol založený na důkazech, který umožní jednoznačnou, praktickou a užitečnou léčbu po operaci LCA. Na základě vybraných kritérií bylo nakonec zařazeno třicet dva rehabilitačních programů, randomizovaných kontrolních studií nebo přehledů a bylo přidáno dvacet článků se základními informacemi. Rozdělují rehabilitaci LCA do určitých týdnů po operaci, kdy pacient může zvládat jednotlivé pohybové dovednosti:

- *Fáze 1 (1. pooperační týden)* – nejdůležitější je kontrola otoku, bolesti, zánětu, obnova rozsahu pohybu v kloubu (do FX a EX) a neuromuskulární kontrola. Kromě léků a cvičení se doporučuje elevovat DK, kompresní zábaly a kryoterapie. Zařazené má být izometrické cvičení v otevřeném (OC – ROM – 90°- 40°) a uzavřeném (CC – ROM – 0°- 60 °) řetězci bez závaží. Mobilizace česky do všech směrů. Plná zátěž bez berlí do 10 dní. Cvičení, které zařazujeme do této fáze je například správné nastavení svalových skupin během jednotlivých pohybových vzorů/pohybů, zvedání rovných nohou nad podložku, klouzání paty po podložce, mini squat (FX– 0°- 30°), přesouvání tělesné hmotnosti.
- *Fáze 2 (2. – 9. týden)* – v této fázi pokračujeme s kryoterapií (pokud přetrvává otok a bolest kolene), se zvětšováním FX s plnou EX v kolenním kloubu, česka plně pohyblivá do všech směrů. Zařazujeme izometrické, izotonické i izokinetické cvičení. Izotonický silový trénink v bezpečném rozsahu (CC – ROM – 0°- 90°, OC – ROM – 90°- 40°). Bezpečné cvičení v CC – ROM – 0°- 90 a OC – ROM – 90°- 0°. Jakmile je chůze bez berlí tak zařazujeme neuromuskulární trénink. Dále jemné nekomplexní cviky s minimální váhou a rozvíjejícího se od statického k dynamickému balančnímu

tréninku, plyometrického cvičení k tréninku agility až k sportovně specifickému tréninku. Přidáváme specifická cvičení chůze na běžícím pásu, jízdu na ergometru, rotopedu a plavání od 3. týdne. Od 4. týdne chůzi do schodů na stroji a od 8. týdne venkovní jízdu na kole a běhání po rovné plošině.

- *Fáze 3 (9. – 16. týden)* – pokračujeme se zvětšováním a udržováním plného ROM. Neuromuskulární trénink zlepšujeme pomalým zvyšováním dynamického balančního tréninku a plyometrických cvičení. Nacvičujeme funkční pohybové vzory (souhra trup, kyčle, koleno, kotník). Cvičení by měla být vylepšená změnami ve složitostech úkolu, odporu, výkonu, vytrvalosti, změnou povrchu a viditelnost. Od 9. týdne normalizujeme běh, od 13. týdne přidáváme běhání po venku.
- *Fáze 4 (16. – 22. týden)* – pro tuto fázi je důležitá maximalizace vytrvalosti a síly kolenních stabilizátorů, optimalizace nervosvalové kontroly pomocí plyometrických cvičení, trénink agility a specifických sportovních funkcí. Mezi specifické dovednosti a trénink agility patří změny směru při běhání, zrychlování a zpomalování během běhu.

Otázka kdy využít během fyzioterapie otevřeného a kdy uzavřeného řetězce v rámci cvičení po operaci předního zkříženého vazů je novým a stále diskutovaným tématem. V roce 2010, Glass et al, provedli systematický přehled šesti randomizovaných kontrolních studií porovnávající otevřený a uzavřený kinematický řetězec. Nejistili žádný rozdíl mezi oběma rehabilitačními skupinami, pokud jde o stabilitu, přední tibiální translaci a bolesti kolenního kloubu jak u pacientů s poraněním předního zkříženého vazů, tak u pacientů po rekonstrukci LCA.

Nárůst svalového objemu u m. quadriceps femoris byl prokázán již po 12. týdnech od operace LCA, a to pomocí snímků z magnetické rezonance. Probandi byli rozděleni do dvou skupin. Skupina se standardní rehabilitací a excentrická skupina. Obě skupiny cvičily první tři týdny po operaci LCA stejný tréninkový program (cvičení na zvyšování rozsahu pohybu, aktivita a posílení m. quadriceps femoris, zaměření na kontrolu bolesti, ovlivnění výpotku). Po třech týdnech od společné standardní rehabilitace bylo excentrické skupině přidáno cvičení na ležících ergometrech (excentrický trénink). Nejprve s nízkou intenzitou zatížení po dobu pěti minut a pokud proband nevykazoval bolest apod, tak přecházel na vyšší zatížení až po dobu 30 minut. Skupina se standardní rehabilitací pokračovala cvičení bez excentrického tréninku. Skupiny cvičily dvanáct týdnů a poté byly provedené kontrolní snímky. Snímky byly srovnány s předoperačními a poté i s ročními po operaci. Operovaná dolní končetina měla ve třech týdnech po operaci velikost atrofie m. quadriceps femoris až o 25-30 %. Ve 12. týdnu probandi standardní skupiny měli nárůst svalového objemu o 9 % a účastníci, kteří měli zařazený navíc

excentrický trénink, vykazovali nárůst o 23 %. Rok po operaci LCA měli probandi podobný svalový nárůst objemu jako po předchozím měření (ve 12. týdnech po operaci LCA) (Gerber, 2009).

To, že na svalový nárůst m. quadriceps femoris má větší vliv excentrický trénink než ten koncentrický potvrzuje studie, *Functional and morphological changes in the quadriceps muscle induced by eccentric training after ACL reconstruction* (Brasileiro, 2011). Byla použita izokinetická dynamometrie. Cvičila se pouze poraněná DK, dvakrát týdně po dobu dvanácti týdnů. Pro excentrický trénink byly třiminutové intervaly s rychlostí 30 a 120°/s, celkem pět opakování pro 30 a pro 120°/s. Hodnotil se svalový objem pomocí MRI a kontrolní snímky v šestém a dvanáctém týdnu byly porovnány s výchozím snímkem na začátku studie. Studie hodnotila svalový nárůst objemu v pozdní rehabilitaci tj devátý a desátý měsíc po operaci LCA. V šestém týdnu v distální části stehna nebyla pozorována žádná významná hypertrofie, ale ve dvanáctém týdnu byl již svalový nárůst, a to především v oblasti m. vastus medialis (o 11,5 %). Ve střední části stehna byla pozorována svalová hypertrofie po šesti týdnech a zvyšovala se až do třetího měření. V proximální části stehna byla pozorována svalová hypertrofie již od šestého týdne s kontinuálním nárůstem až do dvanáctého týdne. Proximální oblast zahrnovala vastus lateralis, vastus intermedius, rectus femoris (Brasileiro, 2011).

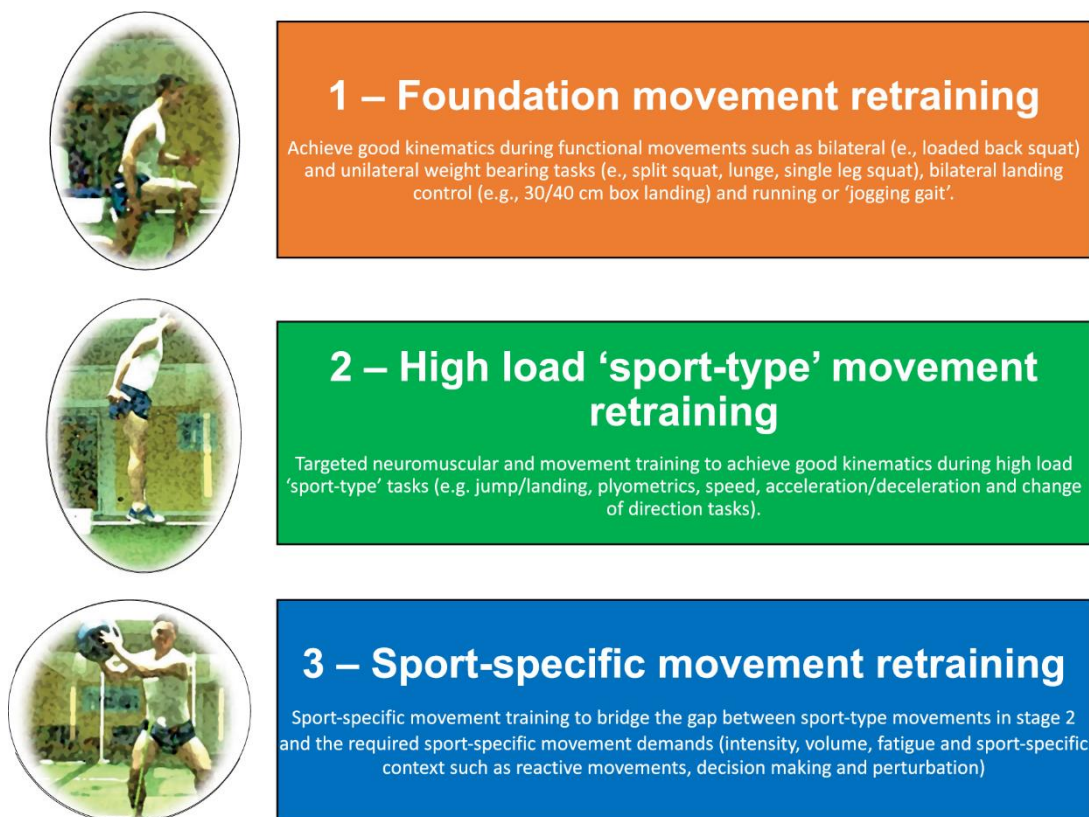
Studie, *Recommendations for Movement Re-training After ACL Reconstruction* (Buckthorpe, 2021), popsala takzvaný třístupňový neuromuskulární/pohybový re-tréninkový proces po operaci LCA (Obrázek č. 5). Ten by měl zahrnovat jednak to, jak postupovat prostřednictvím řešení neuromuskulárních, biomechanických a senzomotorických kontrolních faktorů, které ovlivňují kvalitu pohybu a motoriku učení (*Fáze 1*) včetně progresivního postupu přetrénování pohybu s cílem znovu se naučit řadu funkčních úkolů optimalizující koordinaci a motoriku učení (*Fáze 2*) a provádění závěrečného aspektu rehabilitace a pohybového tréninku na hřišti v realistických prostředích postupně stimulující požadavky na sportovní pohyb a omezení prostředí (*Fáze 3*) (Buckthorpe, 2019).

- *Fáze 1* - v souladu s časnou a střední fází rehabilitace po operaci LCA a měla by se zabývat základním motorickým vzorováním. To zahrnuje dosažení dobré kinematiky během funkčních pohybů jako je chůze (nejprve s berlemi, poté bez nich), bilaterální a jednostranné úkoly spojené se zátěží, bilaterální kontrola přistání, běh nebo chůze. Doporučuje se progresse chůze (například na trampolínách, na písku, v bazénu). V této fázi se jedná o takzvané „nápravné cvičení“ definované jako cvičení pro posílení (například posilování extenzorů kolene) a aktivaci (například svalové koordinace), síla

uzavřeného řetězce, svalová flexibilita, kloubní rozsah pohybu a držení těla, ale v nefunkčních izolovaných situacích (oddělené od konkrétních pohybových úkolů). Důležité pro tuto fázi je obnovení síly extenzorů kolene a překonání dysfunkce m. quadriceps femoris.

- *Fáze 2* – je sladěna s pozdní rehabilitací po rekonstrukci LCA. Zaměřuje se na cílený neuromuskulární a pohybový trénink k dosažení dobré kinematiky při úkolech sportovního typu s vysokou zátěží (skoky/přistání, plyometrie, rychlost, zrychlení/zpomalení, změna směru). Je důležitý rozvoj explozivního neuromuskulárního výkonu a kardiovaskulární kondice ke zvýšení výbušnosti a udržitelnosti pohybu v této fázi k podpoře optimalizace pohybového výkonu. Klíčem k této fázi je provádět úkoly se 100 % tělesné hmotnosti a provádět více směrné přistání/zpomalení, balistické a plyometrické úkoly. Tyto úkoly zahrnují vysokou rychlost (běh-sprint), vysoké zatížení (přistání ze skoku s 1,5násobkem tělesné hmotnosti), rychlá akce cyklu natažení (zkrácení a minimální doba kontaktu se zemí).
- *Fáze 3* – závěrečná fáze, která zahrnuje rekvalifikaci pohybu na hřišti, specifickou pro sport jako součást návratu ke sportovnímu kontinuu. Buckthorpe et al (2021) popisují rehabilitaci na hřišti jako čtyři klíčové pilíře aktivity (sportovně specifický pohybový trénink, kondiční rekondice, trénink dovedností a řízení zátěže) v pěti fázích, aby připravili efektivně sportovce do tréninkového procesu. Zranění LCA se nevyskytuje během plánovaných činností během fáze 2. Místo toho k nim dochází kvůli neschopnosti udržet nervosvalovou kontrolu při sledování vnějšího zaměření pozornosti zahrnující vysoce komplexní dynamické vizuální podněty, variabilní povrchy, plánování pohybu a rychlé rozhodování (Buckthorpe, 2021).

Obrázek 5 - vizuální znázornění třífázového programu pohybové rekvalifikace po rekonstrukci LCA.

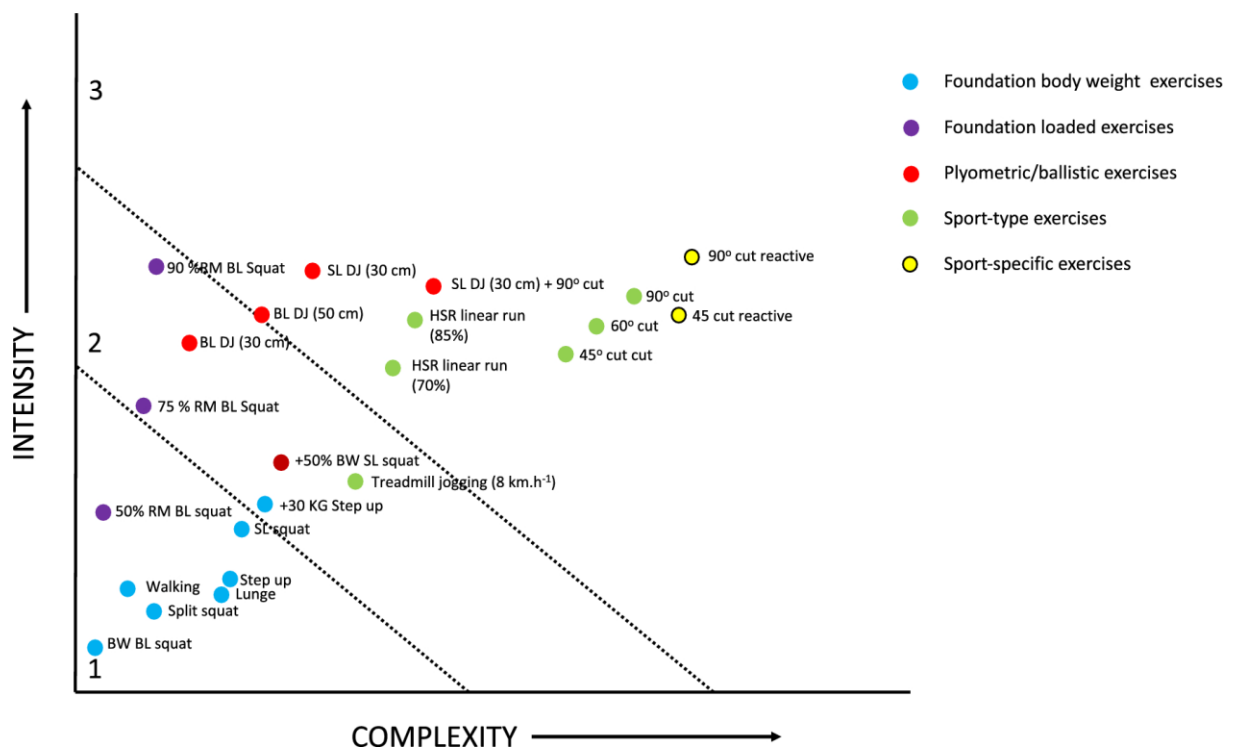


Zdroj: Buckthorpe et al, 2021

Pro dosažení optimálního zatížení pomocí pohybových úkolů po operaci LCA je vhodné využít „kontinuitu pohybu“ v souladu s fázemi funkční obnovy. Pohybové kontinuum Pohybové kontinuum zohledňuje intenzitu a složitost pohybů. Intenzita pohybu je charakterizována nároky na vnitřní a vnější zátěž, zatímco složitost pohybu zohledňuje neurokognitivní a sensorické nároky. S ohledem na řízení zátěže je důležité sladit úroveň zátěže s nervosvalovou kapacitou (uzavřený řetězec, funkční síla a síla specifická pro kloub), aktuální pohybové dovednosti a možná tahová kapacita pro LCA. Při používání pohybového kontinua je důležité si uvědomit, že úkoly mohou být manipulovány tak, aby měly nižší či vyšší intenzitu a větší či menší pohybovou výzvu, a to změnou skladby úkolů jako je dodatečné zatížení, intenzita úsilí, dodatečná dynamická podpora, použití různých povrchů. Kromě tohoto kontinua existují i obecná pravidla pro progresy pohybu, a to postup od bilaterálních k jednostranným pohybům, dopad po přistání na DK a poté plyometrické úkoly, lineární až více rovinné pohyby, předem plánované, řízené až chaotické pohyby. Důležité je, aby pacient prováděl každý úkol vhodnou technikou a kvalitou pohybu, než přejde k těžšímu úkolu. Úkoly by měly být prováděny nejprve pomalu s případnou oporou, než by měly být zintenzivněny buď přidáním

zátěže, změnami v základě podpory nebo zvýšením intenzity úsilí či rychlostmi úsilí (například rychlý běh, zpomalení a změna pohybu) (Buckthorpe, 2019; Freeman, 2019).

Obrázek 6 - vizuální znázornění pohybového kontinua, založené jak na intenzitě, tak na složitosti jednotlivých pohybů. Intenzita úkolu zohledňuje: rozsah vnějších reakčních sil, vnitřní zatížení kloubů a nervosvalové aktivační/svalové síly. Úkoly berou v úvahu úkol prováděný při maximální rychlosti s tělesnou hmotností, ale úkoly lze manipulovat s omezením úkolu pro zvýšení zatížení, snížení intenzity/rychlosti akcí nebo přidání omezení pro zvýšení či snížení stability. Sekce 1-3 jsou zarovnané do tří fází pohybového přetrénování po rekonstrukci LCA. BW tělesná hmotnost), BL (bilaterální), RM (maximum opakování), SL (jedna DK), KG (kilogram), DJ (skok), HSR (vysokorychlostní běh).



Zdroj: Buckthorpe, 2021

2.9.3 Rehabilitační postupy na RK Malvazinky

Dle standardů RK Malvazinky začínají pacienti pooperační rehabilitaci v 6. týdnu po operaci předního zkříženého vazů.

V šestém týdnu mají pacienti vstupní kineziologický rozbor u fyzioterapeuta. Dále mají skupinové cvičení v bazénu po dobu 20 minut. Z fyzikální terapie začínají s laseroterapií na jizvu a magnetoterapií na kolenní kloub pro lepší hojení měkkých tkání a vstřebání pooperační tekutiny. Dle ortopedů RK Malvazinky pacienti odkládají berle ve 4. týdnu

po operaci a na první terapie v šestém týdnu přichází bez ortézy. Od 6. týdne mají pacienti zařazovat doma rotoped, nejprve bez zátěže, poté postupně přidávat. Dovolené mají také plavání – ale kroulový styl.

Pacienti mají dohromady v rehabilitačním balíčku po operaci předního zkříženého vazů osm skupinových fyzioterapií, včetně vstupního kineziologického rozboru. Jedna skupinová terapie trvá 30 minut a je pod dohledem fyzioterapeuta. Dále mají v rehabilitačním balíčku pět skupinových cvičení v bazénu, šest magnetoterapií a šest laseroterapií na jizvu.

Jelikož je skupinové cvičení dvakrát do týdne, tak cvičení skončí standardně v 9. pooperačním týdnu. Tudíž na konci druhé fáze v pooperační rehabilitaci (viz kapitola 2.9.2 Rehabilitační protokoly po operaci předního zkříženého vazů). V druhé fázi se zaměřují fyzioterapeuti na RK Malvazinky zejména na aktivaci a posílení extenzorů kolene, dále na svalovou souhru více svalových skupin DKK. Od 6. týdne zařazují balanční podložky (například Airex, bosu), učí pacienty ke správné chůzi ber berlí a ortézy, přidávají prvky modifikované chůze. Od 9. týdne se přidávají prvky plyometrického cvičení ve formě poskoků na nestabilní plošiny, na lavičku (Manuál cvičení s pacienty po operaci předního zkříženého vazů, 2022).

2.9.4 IMOOVE

Imoove je přístroj, který generuje organický (spirálovitý) pohyb, analyzuje a provádí korekci asymetrií a poskytuje okamžitou motorickou odpověď (Manuál aplikací a technologie Imoove 3D Elisférický pohyb, 2015).

Plošina, která vyvolává elipticko-spiroidní (též organický) pohyb. Pohybuje se proměnlivou rychlostí, pod úhlem + nebo – 9 °, střídají se směry rotace. To vše vytváří schopnost korigovat asymetrie v lateralizaci nebo měnit pracovní osu eliptického pohybu. Spiroidní pohyb využíváme ke sjednocení svalových řetězců kolem kloubů v synchronizované akci (Manuál aplikací a technologie Imoove 3D Elisférický pohyb, 2015).

Imoove rozvíjí a obnovuje správné držení těla, jeho koordinaci a rovnováhu. Má předem nastavené programy, podle kterých pacient cvičí. Cvičit se dá v otevřeném i uzavřeném kinematickém řetězci, dochází k mobilizaci kloubů, protažení a posílení svalových skupin. Cvičení, které je založené na globálnosti, na propojování různých funkčních částí těla, jedná se o přirozený pohyb obratlů (Manuál aplikací a technologie Imoove 3D Elisférický pohyb, 2015).

Přístroj se skládá z plošiny, opěrných ramen a displeje. Na ramenou jsou umístěny expandery. Plošina neboli takzvaná nosná platforma obsahuje tlakové senzory, které snímají

rozložení váhy během testů. Testy provádíme vždy na začátku terapie, abychom zjistili případné asymetrie (Manuál aplikací a technologie Imoove 3D Elisférický pohyb, 2015).

Obrázek 7 - Imoove - nestabilní plošina zabývající se trojrozměrným pohybem.

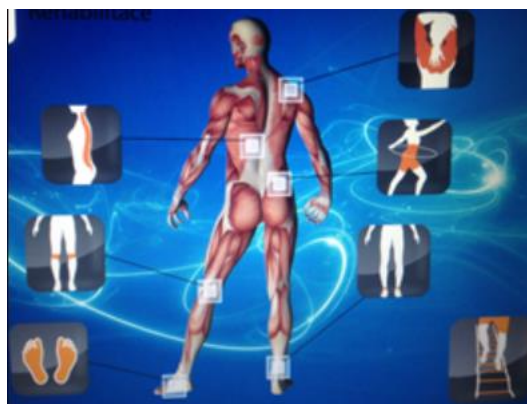


Zdroj: Manuál aplikací a technologie Imoove 3D Elisférický pohyb, 2015

Přístroj má předem nastavené programy, podle kterých pacient cvičí. Zobrazí se mu na displeji, který má ve výši očí.

Výzkumná skupina cvičila program „kolena“. Program obsahuje první (lehčí), a druhou (těžší) úroveň. Každá z nich obsahuje ještě dvě série po pěti cvicích. Jedna série trvá 20 min. Jelikož dohromady měli probandi šestkrát cvičení na Imoove, tak ve zbylých lekcích cvičili program „kotníků a „chodidla“ (obě těžší série).

Obrázek 8 - předem nastavené rehabilitační programy zaměřené na jednotlivé segmenty těla



Zdroj: vlastní

2.9.5 Principy silového tréninku

Pokud se zaměříme na zvýšení svalové síly u dolních končetin, musíme dbát na jisté principy silového tréninku.

Princip specifčnosti zní, pokud chceme, aby se sportovec vrátil ke svému sportu, kterému se věnoval před operací předního zkříženého vazů, musí cviky používané při posilování napodobovat pohyby, které se uplatňují při daném sportovním výkonu.

Pokud nechceme, aby sval stagnoval a došlo k zastavení svalového objemu, musíme dbát při posilování na počty opakování jednotlivých cviků, případně celých sérií, zkracování přestávek mezi jednotlivými sériemi a na zvyšování hmotnosti břemen.

Každá tréninková jednotka by měla být tvořena nejméně pěti metodotvornými činiteli: výběr cviků, pořadí cviků, počet sérií, přestávka mezi jednotlivými sériemi, velikost odporu (Sttopani, 2008).

Výběr cviků

Cviky rozdělujeme do dvou základních skupin – základní a doplňkové. Výběr základního cviku je důležitý zacílit na přesnou svalovou skupinu, kterou chceme silově ovlivnit. Pokud zvolíme špatný základní cvik, nemusíme docílit patřičného výsledku. Základní cviky se na rozdíl od těch doplňkových zaměřují na více svalových skupin a pohyby ve více kloubech. Měly by být zařazované na začátek tréninku, dokud nejsou svaly ještě unavené. Cviky využívají těžší břemena. Zařadit sem můžeme například dřep.

Při doplňkových cvicích se zaměřuje pouze na pohyb v jednom kloubu, například bicepsový zdvih. U těchto cviků se využívá lehčích břemen (Sttopani, 2008).

Pořadí cviků

Při sportovním tréninku, kdy se zaměřujeme na posílení více svalových skupin, se zpravidla posilují velké svalové skupiny (například záda, nohy), před těmi menšími (například biceps). Velké svalové skupiny se musí posilovat před nástupem únavy (Sttopani, 2008).

Počet sérií

Pro nárůst svalové síly u svalových skupin je optimální tři až šest sérií u každého cviku, který je zařazen do tréninkové jednotky. Celkový počet sérií na jednu svalovou skupinu je optimální u těch, kteří se chtějí zaměřit zvětšení svalového objemu (Sttopani, 2008).

Velikost odporu

Neboli intenzita, velikost zdviženého břemene. Například lze provést trénink, vysoce intenzivní, s vysokým počtem opakování při zdvižení nízké hmotnosti břemene, trénink lze ještě zintenzivnit, pokud na konci série přidáme ještě tři opakování navíc (Sttopani, 2008).

Přestávky mezi sériemi

Závisí na velikosti odporu břemene, cíl posilování a předpokládaná energetická zóna zatížení. Liší se dle jednotlivých tréninkových jednotek.

Obecně platí dle Kraemera (2003): <5 počet opakování (>5 minut odpočinku), 5-7 opakování (3-5 minut odpočinku), 8-10 opakování (2-3 minuty), 11-13 (1-2 minuty), >13 (méně než 1 minutu) (Sttopani, 2008).

Při tréninku zaměřeného na zvýšení svalového objemu se využívají 8-10 počtu opakování při kratším odpočinku. Pokud je odpočinek méně než 3 minuty, tak se stimuluje anaerobní energetický systém (Sttopani, 2008).

2.9.6 Funkční trénink posilováním vlastním tělem

Obecně funkční trénink začíná nejprve posilováním s vlastní váhou těla, poté následuje posilování s lehkým náčiním a nářadím. Celková doba tréninku by se měla pohybovat v rozmezí 60–75 minut. Na začátku funkčního tréninku zařazuje rozehtání v podobě dynamického strečinku, poté následuje hlavní posilovací část. Na konci tréninku by mělo být protažení ve formě statického strečinku. V hlavní části funkčního tréninku začínáme posílením velkých oslabených skupin, poté přechází v kompenzační cvičení menších svalových skupin. Případně můžeme začít posílením svalu, který je nejvíce problémový. Také můžeme využít zásady při posilování a to ten, že po namáhavém cviku zařadíme cvik lehčí, aby si svaly, které byly zapojované při namáhavém cviku, odpočinuly. Počet cviků v jedné sérii se pohybuje mezi 16-30 opakováními. Aby došlo k efektivnímu nárůstu svalové síly, tak intenzitu tréninku postupně zvyšujeme-musíme dbát, aby nebylo moc nízká. Cvičit by se mělo v rozmezí 20-40 minut nepřetržitě a nepřerušovaně, s tepovou frekvencí v rozmezí 120-140 tepů za minutu s aktivními pauzami mezi sériemi (Sttopani, 2008).

Cvičení dle PNF

PNF (proprioceptivní neuromuskulární facilitace) je metoda, která využívá aferentace ze všech exteroceptorů a proprioceptorů (z kloubního pouzdra, Golgiho orgánu, svalového vřetenka, kožních zrakových a sluchových receptorů). Impulzy z těchto receptorů ovlivňují motoneurony, které se nachází v předních rožích míšních v souladu s eferentními impulzy z mozkových center. Pokud se zvyšuje doba trvání impulzu a intenzita, zvyšuje se i pohybová odpověď (Sekyrová, 2012).

Cvičení dle prvků DNS

DNS (dynamická neuromuskulární stabilizace) je založená na principech vývojové kineziologie a neurofyziologických aspektech zrání posturálně-lokomočního systému. Zabývá se jak diagnostikou pohybu, které je založené na porovnání stabilizačních vzorů pacienta s pohybovými vzory zdravého dítěte, tak terapií, která je založená na posturálně lokomočních pohybových vzorech (Kolář, 2022).

Cvičení s elastickým odporem

Kromě posilování vlastní vahou těla můžeme využít k funkčnímu tréninku a řadu pomůcek, například cvičicí gumu. Pomůcka využívá takzvaných pružných tahů. Dodržuje zásady izometrického, excentrického a koncentrického posilování (Pavlů, 2014).

2.9.7 Proprioceptivní trénink

Aktivace proprioreceptorů během tréninku vytvoří předpoklad, že mohou optimálně reagovat v nepředvídatelných situacích, které vznikají při hře. Trénink propriocepce je zaměřen na posílení šlach a vazů a zvětšení rozsahu pohybu v kloubu. Jedná se například o pohyb po nerovném terénu, využití bosu, práce s nestabilními plošinami, skákání na trampolíně. Každý kloub nebo spojení více kloubů v určitý segment má své specifické funkce. Pokud je funkce jednoho z nich narušena, mají tendenci kompenzovat funkci jiné klouby či segmenty. To často může vést k dysfunkci segmentu až zranění. Mnozí autoři naznačují, že pokud pocítím problém v určitém segmentu, měli bychom věnovat pozornost spíše sousednímu kloubu, který je zdrojem obtíží (Isakovic, 2016).

Poranění předního zkříženého vazů se vyznačuje určitou nerovnováhou svaly zadní části stehna (hamstringů) a přední strany stehna (zejména m. quadriceps femoris). Kromě funkčního tréninku na posílení těchto svalů nesmíme zapomenout i na nácvik stability a zvyšování propriocepce. Například zařazením balančních podložek (Airex podložka, čocka, bosu).

Prvky SMS

Senzomotorická stimulace má za cíl ovlivnit pohybové programy řízení polohy ve vertikále, ovlivnit funkci posturálního syndromu (zaujetí a držení vzpřímené polohy), zmnožení aferentních vstupů (proprioceptivních, exteroceptivních, vestibulární) a aktivaci subkortikálních regulačních okruhů. Začínáme od pevné podložky a přechází k labilním plochám a od stabilní postury k dynamické stabilitě (Hálková, 2012).

2. 10 Aktuální stav dané problematiky

Ruptura předního zkříženého vazů (LCA) je nejčastějším typem poranění kolenního kloubu. Řada pracovišť nemá jednotnou strukturu v následné pooperační rehabilitaci, a proto dochází k řadě názorům, jak správně postupovat v rehabilitaci.

Poranění LCA je se vyskytuje nejčastěji u sportovců. Část sportovců se naučí úspěšně stabilizovat koleno s deficitem LCA a vrátí se ke sportu bez operace. Naopak jiní vykazují dynamickou nestabilitu kolene při činnostech tak jednoduchých jako je například chůze (Hartigan, 2010).

Po operaci předního zkříženého vazů vede imobilizace a omezení pohybu k atrofii svalů dolních končetin, zejména m. quadriceps femoris a m. triceps surae. Během prvních 3. měsíců po operaci dochází až ke 30 % ztrátě síly a atrofie m. quadriceps femoris může přetrvávat až roky po operaci i při pravidelné rehabilitaci (Gerber et al, 2007).

Nicholas et al (2001), uvedli, že po 3. týdnech po operaci dochází k výrazné atrofii svalů stehna a lýtka. Proto je důležité, aby se zařadila včasná pooperační rehabilitace po operaci předního zkříženého vazů (Hasegawa et al, 2011).

Předoperační rehabilitace, tzv. Prehab a prevence mohou být klíčovými faktory proti poranění kolenního kloubu. Prehab je dle mnoha autorů klíčem k lepší pooperační rehabilitaci po operaci předního zkříženého vazů. Prevence by zase mohla připravit kolenní kloub na daný pohyb, který může být rizikový při dané sportovní aktivitě (Alshewaiier, 2017; Giesche, 2020; Failla, 2016).

Bohužel na RK Malvazinky, kde probíhal náš výzkum, se nezařazuje ani předoperační rehabilitace před rekonstrukcí LCA, ani včasná pooperační rehabilitace po rekonstrukci LCA. Standardně se začíná v 6. pooperačním týdnu s rehabilitacemi a až do 4. pooperačního týdne má pacient chůzi s francouzskými holemi. Vzhledem k rychlému úbytku svalového objemu dolních končetin a jejich síly je k zamyšlení, zda by neměla být již zmiňovaná včasná pooperační rehabilitace zařazená do standardů kliniky.

Pooperační rehabilitace je v rané fázi důležitá zejména z hlediska atrofie m. quadriceps femoris. Proto je důležité, aby se zařazovala cvičení na posílení extenzorů stehna a jejich aktivitě. V pozdní fázi postupně přidáváme závaží pro zvyšování síly zejména extenzorů stehna a přidáváme plyometrická cvičení. Poslední fáze je již fází k přípravě pro specifický sportovní pohyb. Celkem je pooperační rehabilitace rozdělená do 22. týdnů (Eckenrode, 2017; Grinsven, 2010; Buckthorpe, 2021).

Autoři se již shodují na ranném zařazení excentrického cvičení do pooperační rehabilitace. Jeho význam spočívá v přispění svalového nárůstu stehna (Brasileiro, 2011; Gerber, 2009).

Na změně svalového objemu se podílí řada faktorů. Například výživa, genetické predispozice, pohlaví, věk, motivace k pohybu, přítomnost tekutiny v kloubu. Právě mentální složka je velmi důležitým faktorem k úspěšné pooperační léčbě kolene (Bassett, 2007; Chan, 2009; Ryan, 2008).

Ke správnému svalovému nárůstu potřebujeme i správný trénink. Měl by se skládat ze silového, funkčního tréninku či tréninku propriocepce. Každá tréninková jednotka by měla klást důraz na výběr a pořadí cviků, počet sérií, velikosti odporu a přestávky mezi sériemi (Sttopani, 2008).

Na řadě pracovišť není jednotná struktura v pooperačních rehabilitacích po operaci LCA. Na RK Malvazinky jsem se seznámila s problémy v pooperační fyzioterapii u operací kolen. Na pracovišti jsou pouze skupinové lekce. Lekce vede většinou jeden fyzioterapeut a trvá pouze 30 minut. To mě vedlo k zamyšlení, že individuální přístup k pacientovi by mohl být lepší a efektivnější než ten skupinový.

V zahraničních studiích se nesetkáváme se skupinovými lekcemi po operacích kolen, ale spíše posuzují efekt domácího cvičení s individuálním cvičením s fyzioterapeutem. Přizpůsobení cvičebního programu jedinečným požadavkům pacienta může být efektivní při maximalizaci adherence. Mezi další metody navržené ke zlepšování adherence patří edukace pacientů o nemoci, výhody cvičení, pravidelné a dlouhodobé sledování klinického cvičení, posilovací lekce, využívání krokoměřů, vlastního deníku či podpora od rodiny (Mazieres, 2008).

Na efekt v pooperační fyzioterapii po rekonstrukci LCA dle studie, *The muscle strenght of the knee joint after ACL reconstruction depends on the number and frequency of supervised physiotherapy visits* (Czamara, 2021), má vliv počet fyzioterapeutických jednotek. Čím více fyzioterapeutických jednotek je, tím lepší zaznamenali efekt ve svalové síle m. quadriceps femoris a hamstringů. Bohužel jsme na každém pracovišti limitováni počtem návštěv, pokud si je pacient nehradí sám. To může být i dalším aspektem v neefektivní pooperační fyzioterapii po rekonstrukci LCA.

Na RK Malvazinky je standardní počet fyzioterapií po operaci LCA omezený na osm návštěv. Ty má většinou pacient 2. týdně, tudíž skončí s rehabilitací v 10. pooperačním

týdnu. Další návštěvy si sice pacient může dokoupit, ale není to standardní záležitostí na tomto pracovišti, protože ani lékaři, ani fyzioterapeuti nemají v kompetenci prodávat jednotlivé rehabilitační balíčky.

Dalším problémem je, že během skupinových lekcí na RK Malvazinky se probandům mění fyzioterapeuti. Vstupní kineziologický rozbor provede fyzioterapeut, který ale nemusí být přítomný na vašich skupinových lekcích. Vynechán je kontrolní výstupní kineziologický rozbor u fyzioterapeuta, je pouze kontrola po odcvičení jednotlivých skupinových lekcí u ortopeda.

Porozumění mechanismu poranění LCA může být zvláště důležité při rozvoji funkčních progresí během cvičení po rekonstrukci předního zkříženého vazů. Jak ortoped, který vedl operaci, tak fyzioterapeut, který vede fyzioterapie po operaci nejlépe poslouží pacientovi s náhledem, kde byl před operací a kde by chtěl být po operaci, včetně globálnějšího posouzení celého těla, které pomůže předejít budoucímu zranění kolene. Funkční schopnost pacienta se neustále mění a není ovlivněna pouze tréninkem, zraněním či operací, ale také stárnutím, životním stylem a celkovým zdravím. Po rekonstrukci LCA musíme být co nejagresivnější, ale udržovat optimální prostředí pro hojení tkání (Nyland, 2016).

Úskalí v rehabilitaci na RK Malvazinky mě vedly k tomu, abych poukázala na lepší a efektivnější pooperační fyzioterapii díky individuálnímu přístupu k pacientovi po operaci předního zkříženého vazů. Vedla jsem individuální terapie a srovnávala je s již zmíněnými skupinovými lekci u pacientů po rekonstrukci LCA.

Pro měření svalového objemu jsem kromě standardizovaných vyšetřovacích metod zařadila i technologii 3D skenování, která se v rehabilitaci zatím moc nevyužívá.

Technologie 3D skenování má revoluční účinek jak v mnoha průmyslových odvětvích, ale i v lékařském sektoru. Rozdíl mezi 3D skenerem a ostatními zobrazovacími metodami (například MRI, rtg, ultrasonografie) je v tom, že skener zachycuje pouze informace o vnějším povrchu těla (Gapinski, 2014; Bo, 2011).

Technologie 3D pomáhá v lékařství úspěšně vytvářet díly, například protetické končetiny, zubní implantáty, pomocí 3D tisku, které vypadají a působí jako skutečná věc (Dawood, 2009; Javaid, 2015). 3D skener a tiskárny již vytvořily například ledvinové buňky (Cohen, 2009; Dahake, 2016).

Z databází Scopus, Pubmed, Web of Science, Google Scholar jsem našla pouze jednu studii, ve které se zabývali 3D skenováním ručním skenerem pro posouzení svalového objemu stehna po operaci předního zkříženého vazů a v průběhu rehabilitační péče. Měření probíhalo

v 2., 6., 12. a 26. týdnu po operaci a snímky byly porovnány s výchozím snímkem, který byl získán dva týdny před operací. Zařazený byl i dotazník Lysholm knee score, který se zabývá funkčním zhodnocením dolní končetiny po operaci kolene. Bezprostředně po operaci byly výrazné otoky v oblasti suprapatelární, kde skener zkresluje výsledky svalového objemu. Ve dvanáctém týdnu přetrvával snížený svalový objem v porovnání s předoperačním snímkem. Na výchozí předoperační hodnoty se svalový objem vrátil po šesti měsících po operaci (Tefler, 2020).

Zároveň Tefler (2010) využil již 3D skenování ve své studii, *The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot*. Přehled, který si kladl za cíl prezentovat shrnutí 3D skenování chodidla, během různých úrovní zatížení, za účelem použití trojrozměrné technologie při vývoji obuvi, protetických pomůcek či dalších technologií související s nohou.

Mnoho studií ohledně 3D skenování dolních končetin je za účelem protetického vybavení po amputacích. Například Seminati, 2017, porovnával skenery při monitorování zbytkového objemu končetin po jejich amputaci.

Studie, *The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study* (Dombroski, 2014), poukazuje na výrobu ortéz chodidel kvůli léčbě patologií nohou a dolních končetin. Vedle klasických sádrových odlitků využívají 3D skenování a poté 3D tisk.

Právě nedostatek studií 3D skenování dolních končetin, zejména svalového objemu, po operacích kolen mě vedl k myšlence vyhodnotit možnosti jeho použití k vyhodnocování efektu v pooperační fyzioterapii u LCA. Zařazením skeneru nám umožní přesný výpočet svalového objemu v mm³, a tím můžeme získat větší zpětnou vazbu o správně zvolené pooperační rehabilitaci po operaci kolen.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Cíle a úkoly práce, výzkumné otázky, hypotézy

3.1.1 Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv nově navržené cílené fyzioterapeutické intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů ve vztahu ke svalovému objemu stehna.

3.1.2 Úkoly práce

- Shromáždění odborné literatury na téma poranění předního zkříženého vazů, 3D skenování, fyzioterapeutické intervence, faktory ovlivňující svalový objem
- Stanovení hypotéz
- Vytvoření experimentu a výběr výzkumného souboru
- Provedení vlastního experimentu
- Vyhodnocení a interpretace získaných dat
- Konfrontace hypotéz, zhodnocení experimentu

3.1.3. Výzkumné otázky práce

- Jaké budou změny svalového objemu stehna u pacientů po šesti pooperačních týdnech a po dvou typech tříměsíční fyzioterapeutické intervence?
- Jaký vliv mají rozdílné fyzioterapeutické přístupy vzhledem k rychlosti návratu svalového objemu stehna u pacientů po operaci předního zkříženého vazů?

3.1.4 Hypotézy práce

- H1: Předpokládám, že již po tříměsíční fyzioterapeutické intervenci dojde u pacientů po operaci předního zkříženého vazů k nárůstu svalového objemu stehna hodnoceného 3D skenerem a to jak u pacientů s individuální, tak skupinovou terapií.
- H2: Předpokládám, že fyzioterapeutická intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů zahrnující individuální fyzioterapie povede k rychlejšímu návratu svalového objemu stehna než u pacientů s intervencemi zahrnujícími pouze skupinové fyzioterapie.

- H3: Předpokládám, že fyzioterapeutická intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů jak s individuální, tak skupinovou terapií povede k bodovému nárůstu Lysholm knee score.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se celkově zúčastnilo dvacet probandů ve věkovém rozmezí 20-40 let, průměrný věk byl 33,5 roků, kteří byli náhodně rozděleni do dvou skupin. Celkově se zúčastnilo experimentu dvanáct mužů a osm žen. Kritéria pro výběr jednotlivých probandů byl věk, žádná předchozí operace DKK a operační přístup BTB (štěp z ligamenta patellae). Všichni probandi se zúčastnili experimentu dobrovolně. Před samotným měřením byli seznámeni s průběhem experimentu a na základě svolení ke zpracování anonymních výsledků podepsali informovaný souhlas (viz Příloha). Celý experiment byl schválen Etickou komisí FTVS UK pod jednacím číslem 249/2018.

Tabulka 2 - průměrný věk (roky), váha (kg) a výška probandů (cm)

Velikost souboru	Průměrný věk	Průměrná hmotnost	Průměrná výška	BMI
20	33.45 ± 5.37	75.75 ± 10.89	174 ± 6.44	24.76 ± 2.76

4.2 Použité metody

Na měření svalového objemu před a po operaci předního zkříženého vazy byl použit ruční 3D scanner Academia50 od firmy SolidVision, s.r.o. Součástí scanneru byla i kalibrační deska, která je nezbytnou součástí před skenováním. Pro přítomnost či vyvrácení tekutiny v kolenní kloubu byla zvolena diagnostická ultrasonografie.

4.3 Měření a sběr dat

Veškerá měření, které níže specifikuji, byla provedena jak v 6., tak v 15. týdnu po operaci na rehabilitační klinice Malvazinky v Praze.

4.3.1 Měření a sběr dat pomocí technologie 3D skenování

Měření mělo přesně daný postup, který jsem musela při každém měření dodržovat.

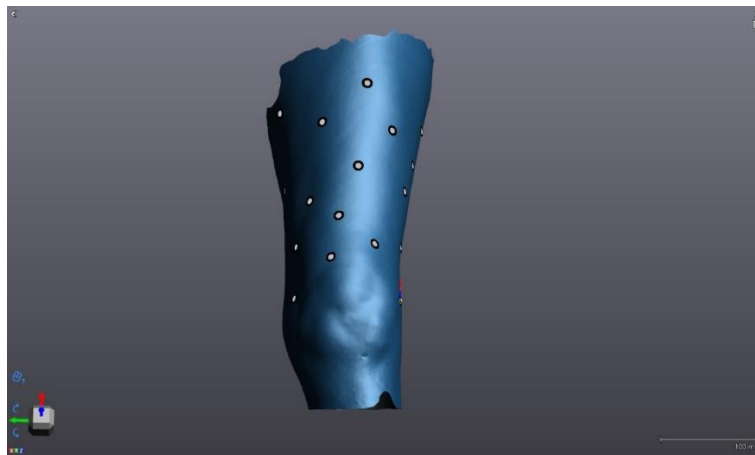
1. Kalibrace skeneru

Je nezbytnou součástí přípravy před samotným skenováním. Provádí se pomocí kalibrační desky, která je nedílnou součástí výbavy skeneru. Je důležitá proto, aby se skener přizpůsobil podmínkám měření (podstatnou roli hraje okolní teplota a osvětlení).

2. Rozmístění targetů

Targety, neboli poziční body, které se nahodile rozmístily ve sledovaném objektu. V našem případě se jednalo o třicet pozičních bodů, nahodile rozmístěných na povrchu stehna mezi anatomicky definovanými body – vnější a vnitřní kondyl femuru a trochanter major. Jsou důležité pro zacílení skenovaného obrazu během skenování.

Obrázek 9 - rozložení náhodně rozmístěných targetů po obvodu stehna, jak po dorzální i ventrální straně stehna.



Zdroj: vlastní

3. Výchozí pozice pacienta

Výchozí pozicí v našem případě byl stoj, kdy pacient byl opřený hýžděmi o okraj stolu. Natažená DK, ta, u které bylo stehno skenováno, byla mírně pokrčená v kolenním kloubu (20°). Zatímco neskenovaná druhá DK, byla pokrčená v koleni (90°) a opřená o stoličku. Zajištění výchozí pozice pro pacienta je velmi důležité z toho hlediska, aby nedošlo k rozostření výsledného obrazu.

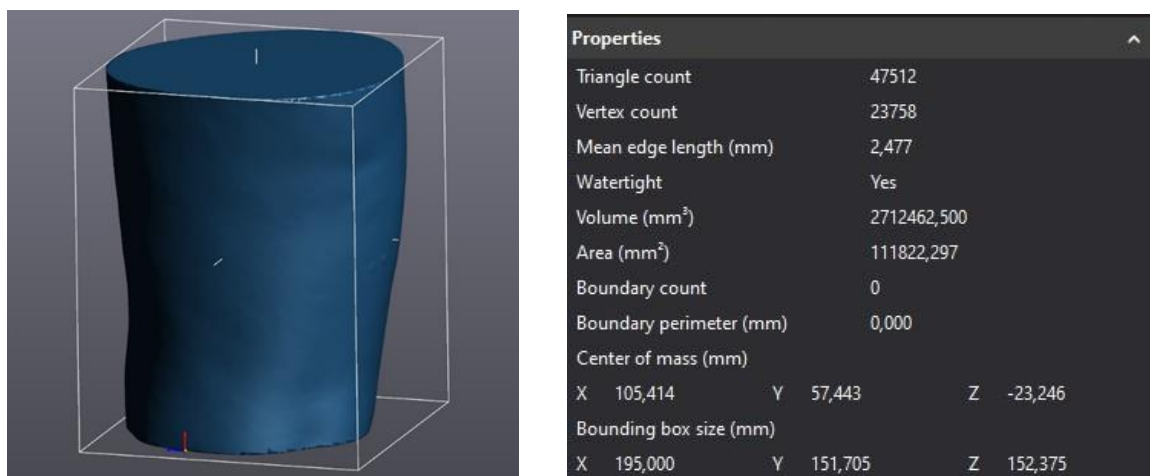
4. Samotné skenování

Probíhá několik sekund a výsledný obraz je ihned vidět v programu VX elements. Pokud se snímek nepovede, nemusí se ukládat a jednoduše se obraz naskenuje znovu. Snímek se odešle po naskenování do VX model, kde probíhá samotný výpočet svalového objemu stehna. Body tvoří roviny řezu, následuje samotný ořez v místě, kde chceme sledovat největší změny

svalového objemu. V našem případě se jedná o zacílení do oblasti vastus lateralis et medialis, kde předpokládáme změnu největší. Jelikož skener neumí rozpoznat jednotlivé svaly, ale pouze stehno jako celek, proto byl řez určen následovně. Spodní řez stehna byl určen vnitřním a vnějším kondylem femuru. Horní řez byl vypočítán v programu VX scan, a to odsazením od trochanteru major femoris. VX scan vypočítá 3D délku mezi trochanterem major femoris a vnějším kondylem femuru. Získanou hodnotu vynásobíme 0,8, neboť jsme si určili, že chceme zjistit svalový objem stehna v 80 % stehna, tj 80 % z celkového rozměru stehna – vnějšího kondylu femuru, protože v horní části femuru (konkrétně v oblasti trochanteru), nelze spolehlivě nasnímat data v celém v celém obvodu stehna (dáno pozicí sedu na stole). Určené procento nebude mít ve výsledku žádný vliv na svalový přírůstek/deficit hodnocené oblasti. Výsledné číslo zadáme v programu VX scan aby došlo k vytvoření horního ořezu.

V programu VX model dojde ihned k výpočtu svalového objemu stehna (v mm^3) po provedení ořezu (Obrázek č.7).

Obrázek 10 - určení rovin řezu a následné vytvoření ořezu stehna v oblasti vastus lateralis et medialis a trochanteru major femoris (vlevo). Na druhém obrázku (vpravo) vidíme výpočet svalového objemu (volume) v mm^3 .



Zdroj: vlastní

4.3.2 Měření a sběr dat pomocí diagnostické ultrasonografie

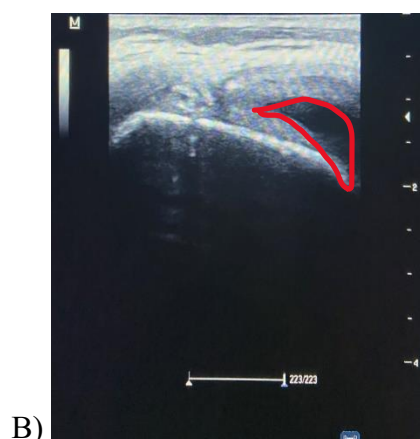
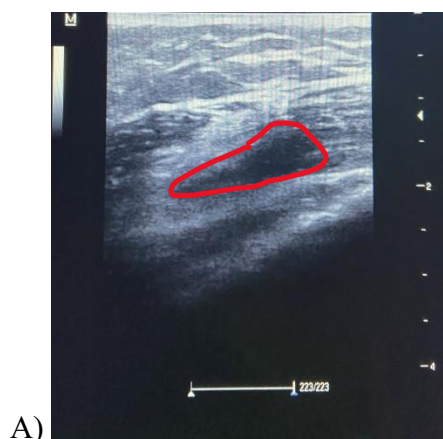
Diagnostická ultrasonografie byla použita k ohodnocení přítomnosti či vyvrácení tekutiny v kolenním kloubu.

1. Výchozí pozice pacienta

Vyšetření probíhalo na lůžku, kdy pacient ležel v pozici na zádech s vypodložením DKK (flexe v kolenním kloubu 20°). Pro přenesení obrazu se musí použít gel, který se nanáší

na sondu. Prozkoumávala se oblast suprapatelární, vnitřní část kolenního kloubu, kde se nejčastěji nachází tekutina. Výsledek trvá pár sekund a obraz se ihned přenese na obrazovku počítače.

Obrázek 11 - A) snímek ze sonografického vyšetření suprapatelárního prostoru, B) oblast vnitřní strany kloubní štěrbiny. Červenou barvou je znázornění tekutiny uvnitř kolenního kloubu.



Zdroj: vlastní

4.3.3 Měření a sběr dat pomocí antropometrie

Při vyhodnocování svalového objemu měřené 3D skenerem jsem potřebovala pro určení horní roviny ořezu znát délku femuru. Proto jsem si zvolila antropometrické měření pomocí krejčovského metru. Počátek byl přiložen na anatomicky definovaný bod – trochanter major femoris, s koncem na vnějším kondylu femuru.

4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy

Funkční svalový test dle Jandy jsem zařadila do svého výzkumu abych porovnávala svalovou sílu m. quadriceps femoris a hamstringy na obou dolních končetinách.

Zhodnocení bylo dle následující stupnice:

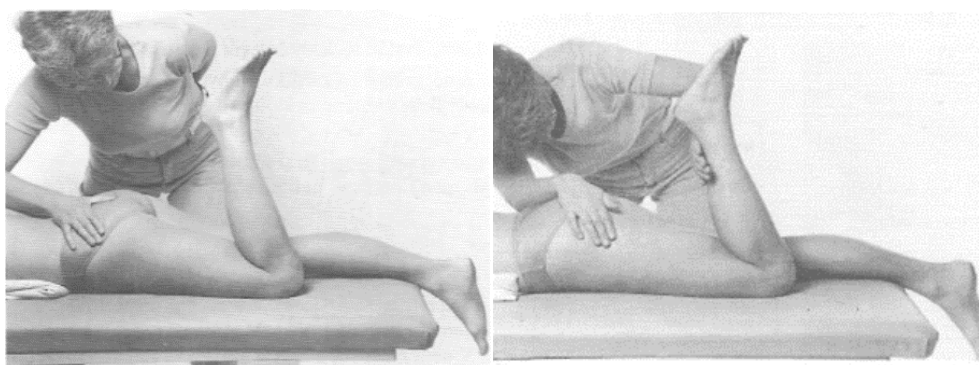
Stupnice určování svalové síly:

- St. 0 – nula – sval nevykazuje žádné známky svalové aktivity
- St. 1 – vyjadřuje 10 % svalové síly
- St. 2 – 25 % - sval je schopen vykonat pohyb, ale s vyloučením gravitace
- St. 3 – 50 % - pohyb v celém rozsahu pohybu i s překonáním zemské tíže
- St. 4 – 75 % - sval je schopen vykonat pohyb i s překonáním středně velkého odporu

- St. 5 – 100 % - odpovídá normálnímu svalu, s velmi dobrou funkcí, s překonáním velkého odporu

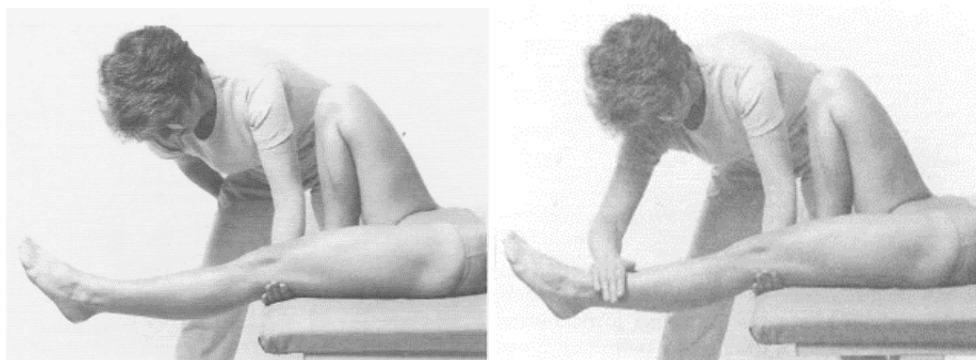
Při vyšetření svalové síly hamstringů byla výchozí pozice pacienta vleže na břiše.

Obrázek 12 – vyšetření svalové síly hamstringů vleže na břiše pro stupeň 3, 4, 5. Vynechala jsem měření stupně 0-2 neboť pacienti neměli problém s překonáním zemské tíže.



Zdroj: Janda, 1996

Obrázek 13 - vyšetření svalové síly m. quadriceps femoris vleže na zádech pro stupeň 3, 4, 5. Vynechala jsem měření stupně 0-2 neboť pacienti neměli problém s překonáním zemské tíže.



Zdroj: Janda, 1996

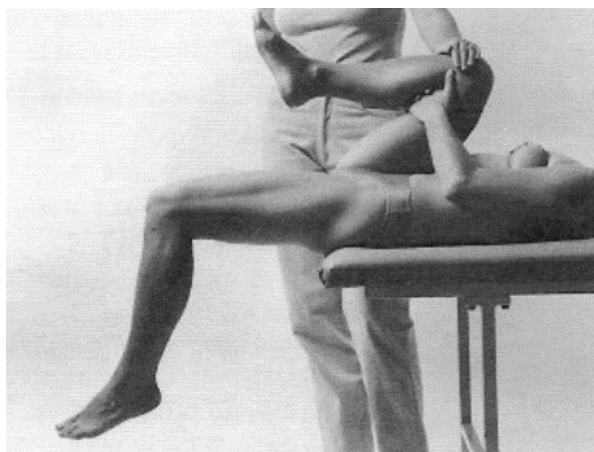
Proběhlo i vyšetření zkrácených svalů konkrétně svalů ischiokrurálních (m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus) a flexorů kyčelního kloubu (m. iliopsoas, rectus femoris, tensor fasciae latae, krátké adduktory stehna).

Při vyšetření flexorů kyčelního kloubu hodnotíme postavení bérce a stehna, deviaci česky. Výchozí pozice pacienta je vleže na zádech, nevyšetřovaná dolní končetina má pokrčenou v koleni a přitaženou k břichu. Vyšetřovaná dolní končetina visí přes okraj lehátka (viz Obrázek č. 14).

Stupnice hodnocení zkrácení flexorů kyčelního kloubu

- 0 – žádné zkrácení – bérce visí kolmo k zemi, stehno je v horizontálně, volně položené, česka je nepatrně posunuta laterálně a na zevní straně je nepatrná prohlubeň
- 1 – malé zkrácení – bérce trčí vpřed (zkrácený m. rectus femoris), stehno v lehkém flekčním postavení (zkrácený m. iliopsoas), na laterální straně stehna viditelná prohlubeň a stehno v abdukčním postavení (zkrácení m. tensor fasciae latae)
- 2 – velké zkrácení – bérce trčí vpřed, česka je vtažená vzhůru a dobře palpovatelná zeshora (zkrácený m. rectus femoris), stehno má viditelnou prohlubeň a česka deviuje zevně a je viditelný její zevní okraj (zkrácený m. tensor fasciae latae), výrazné flekční postavení v kyčelním kloubu (zkrácený m. iliopsoas).

Obrázek 14 – vyšetření zkrácených svalů (flexorů kyčelního kloubu) vleže na zádech s DK přes okraj lehátka.



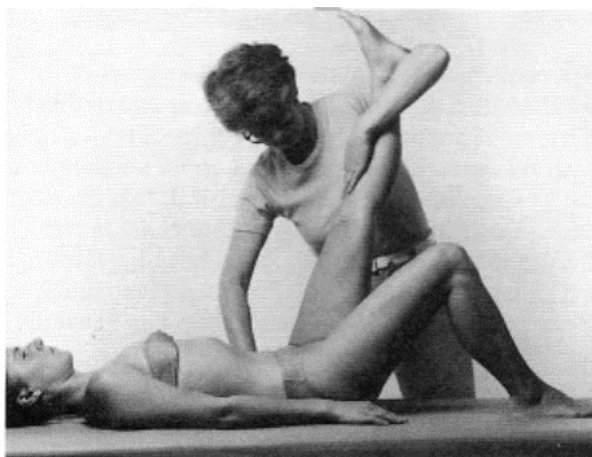
Zdroj: Janda, 1996

Při vyšetření ischiokrurálních svalů hodnotíme rozsah flexe v kyčelním kloubu. Výchozí pozice pacienta je vleže na zádech, jednou rukou fixujeme pánev, a druhou rukou držíme dolní končetinu (viz Obrázek č. 15).

Stupnice hodnocení zkrácení ischiokrurálních svalů

- žádné zkrácení – flexe v kyčelním kloubu je 90°
- malé zkrácení – flexe v kyčelním kloubu je v rozmezí 80–90°
- velké zkrácení – flexe v kyčelním kloubu je méně než 80°

Obrázek 15 – vyšetření zkrácených svalů (hamstringů) vleže na zádech.



Zdroj: Janda, 1996

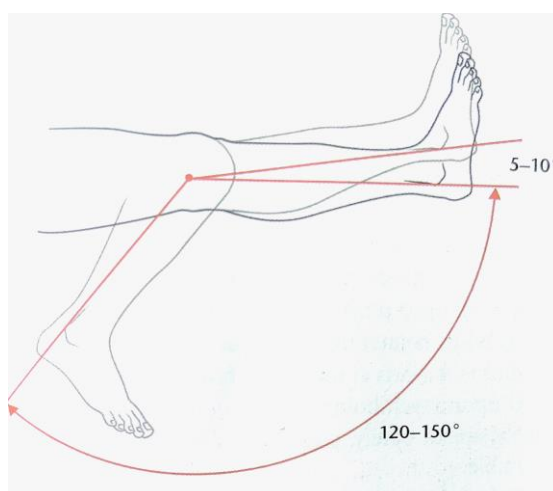
4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie

K měření rozsahu pohybu v kolenním kloubu byl zvolen goniometr. Rozsah pohybu byl měřený jak do flexe, tak extenze v kolenním kloubu, jak při pasivním, tak aktivním pohybu. Pozice pacienta byla vleže na zádech a goniometr byl přiložený do středu kolenního kloubu.

Hodnocení rozsahu pohybu

- flexe v kolenním kloubu – 120° – 150°
- extenze v kolenním kloubu – 0 – 5° (možná až do 10°)

Obrázek 16 - rozsah pohybu v kolenním kloubu.



Zdroj: Kolář, 2012

4.3.6 Měření a sběr dat pomocí dvou vah

Měření, které nám napoví o rozložení váhy pravé a levé dolní končetiny. Použila jsem dvě váhy. Pacient si stoupne levou nohou na levou váhu, pravou nohou na pravou váhu a vydrží rovnoměrně stát alespoň 15-20 s. Zároveň jsem zjistila celkovou hmotnost, kdy pacient stál na jedné váze oběma nohama.

Hodnocení dvou vah

- rozdíl mezi pravou a levou nohou by neměl překročit 10 % z celkové hmotnosti pacienta

4.3.7 Měření a sběr dat pomocí standardizovaného dotazníku Lysholm knee score

Dotazník se skládá celkově z 8 otázek a celkové skóre je v rozmezí 0-100 bodů. Skóre je kategorizováno jako vynikající (95 - 100), dobré (84 - 94), uspokojivé (65 - 83) a špatné (≤ 64) (54).

Tabulka 3 - Lysholm knee score – dotazník, který hodnotí funkční stav kolene po operacích. Dotazník byl vyplněný při první návštěvě v 6. týdnu po operaci a během poslední návštěvy v 15. týdnu po operaci.

1	Kulhání	nekulhá	5
		lehce a občas	3
		výrazně, stále	0
2	Zatížení	plné zatížení	5
		s oporou	3
		nelze bez opory	0
3	Chůze do schodů	bez potíží	10
		jen lehké potíže	6
		jen po jednom schodu	2
		obtížná	0
4	Dřep	bez problémů	5
		lehké omezení	4
		nemožný nad 90 stupňů	2
		nemožný	0
5	Nestabilita	plně stabilní kloub	30
		zřídka při sportu, námaze	25
		často- sport nemožný	20
		při běžných aktivitách- zřídka	10
		při běžných aktivitách- často	5
		při každém kroku	0
6	Bolesti	bez bolestí	30
		lehké bolesti při velké námaze	25
		bolesti jen při „vypadnutí“ kolena	20
		bolesti při velké námaze	15
		bolesti při nebo po chůzi 2 km a více	10
		bolesti při nebo po chůzi do 2 km	5
		trvalá bolest	0
7	Otok	bez otoku	10
		pouze při „vypadnutí“ kolena	7
		jen při a po námaze	5
		při běžných aktivitách	2
		trvale	0
8	Obvod stehna 15 cm nad patelou	bez rozdílu	5
		do 2 cm	3
		nad 2 cm	0

4.3.8 Měření a sběr dat pomocí nekalibrované ladičky

Pro vyšetření hluboké citlivosti jsem si zvolila vyšetření vibračního cití pomocí nekalibrované ladičky o frekvenci 64 nebo 128 Hz. Na koncích obou ramen nese vidlice

indikátory (takzvaná kalibrační zátěž). Na nich je znázorněn rovnoramenný trojúhelník a vedle něj je viditelná stupnice 0 (minimum) až 8 (maximum). Při rozezvučení ladičky dochází k vibraci ramen což vyvolá optické rozdělení ramen vidlice a vidíme takzvané prolínající se trojúhelníky. Postupně opticky vidíme jeden nový trojúhelník, který narůstá od základy k vrcholu ramen vidlice, přičemž nárůst trojúhelníku je exponenciální v závislosti na snižující se amplitudě kmitání vidlice. Hodnotí se výška trojúhelníku podle toho, kdy pacient slovem sdělí, že již necítí žádnou vibraci.

Ladička přiložená na patelu, testovány byly obě strany dolních končetin v šestém a patnáctém pooperačním týdnu.

Maximální hodnota je 8 a vyjadřuje se ve formě zlomku. Pokud má pacient sníženou citlivost, tak se hodnota zlomku snižuje.

- 0/8 – pacient necítí vůbec vibrační čítí (pallanestézie)
- 2/8; 4/8; 6/8 – pacient má snížené vibrační čítí (palhypestézie)
- 8/8 – citlivost u pacienta je zcela v pořádku.

4.3.9 Měření a sběr dat za účelem zhodnocení příjmu jednotlivých živin

K vyhodnocování jídelníčků jsem použila aplikaci NutriPro. Pacienti si do svého deníčku zaznamenávali své každodenní jídlo od začátku až po konec rehabilitace (tj od šestého do patnáctého týdne po operaci). Pacienti si museli jednotlivé suroviny vážit, a v případě složitých jídel popsat konkrétní receptury. Nejprve jsem si zaznamenala jednotlivé živiny (bílkoviny, tuky, sacharidy) z každého dne do excelové tabulky a u každé z nich udělala průměrné číslo za 9 týdnů.

Poté jsem si spočítala bazální metabolismus podle Harris-Benedictova vzorce. K němu jsem potřebovala znát údaje o každém pacientovi (pohlaví, hmotnost, výška, věk) (viz kapitola 2.4 Výživa, podkapitola 2.4.5 Energetická bilance).

Dále jsem počítala denní potřebu – nejdříve jsem vypočítala bazální metabolismus, který jsem poté vynásobila odpovídajícím faktorem aktivity (dále FA) a hodnotu jsme zvolila u žen 1,6 a u mužů hodnotu 1,7 (viz. Tabulka č.1). Termický efekt stravy byl zohledněn už během propočítávání jídelníčků.

A nakonec jsem na základě doporučeného poměru živin spočítala potřebu jednotlivých živin: bílkoviny (15 % z denní potřeby energie), tuky (30 %), sacharidy (55 %). 1 g bílkoviny představuje 4kcal, 1 g tuku 9 kcal, 1 g sacharidu 4 kcal (Zlatohlávek, 2020). V excelu bylo spočítáno následovně:

- Pro bílkoviny: denní potřebná energie při denních činnostech krát 0,15 děleno 4 kcal
- Pro sacharidy: denní potřebná energie při denních činnostech krát 0,55 děleno 4 kcal
- Pro tuky: denní potřebná energie při denních činnostech krát 0,30 děleno 9 kcal

4.4 Analýza dat

Následující testy (T-test nezávislý dvouvýběrový a T-test párový) jsem zvolila na základě normálního rozložení dat.

4.4.1 T-test nezávislý dvouvýběrový

K vyhodnocování získaných dat jsem si zvolila nezávislý dvouvýběrový T-test.

Hodnota statistické významnosti byla zvolena $p < 0,05$. Statistickou analýzu dat jsem prováděla ve volně dostupném statistickém programu MetaboAnalyst 5.0.

4.4.2 T-test párový

K vyhodnocování jednotlivých probandů ve skupinách (výzkumné a kontrolní) s parametry (svalový objem v 6 a 15 pooperačním týdnu a Lysholm knee score) jsem použila párový T-test.

Hodnota statistické významnosti byla zvolena $p < 0,05$. Statistickou analýzu dat jsem provedla ve volně dostupném statistickém programu MetaboAnalyst 5.0.

4.5 Fyzioterapeutická intervence

Každá klinika má své pooperační standardy, kterými se musí řídit. Jelikož můj výzkum probíhal na RK Malvazinky, tak níže popisuji právě jejich pooperační standardy po operaci LCA.

Po operaci předního zkříženého vazů na RK Malvazinky jsou standardně pacienti na pooperačním oddělení čtyři dny včetně prvního operačního dne. Druhý pooperační den se pacienti pod dohledem fyzioterapeuta posazují, vertikalizují do stoje a nacvičují třídobou chůzi (první jdou dopředu berle, poté mezi ně operovaná DK a poslední neoperovaná DK) po pokoji a do koupelny. Operovaná dolní končetina se pouze přikládá (maximum 10 % zatížení). Třetí pooperační den jsou vyndány pacientům drény z oblasti kolenního kloubu a pacienti pasivně cvičí kolenní kloub na motodlaze (dvakrát denně). Každému je nastaven jiný úhel podle toho, jak se momentálně cítí a jaké má bolesti v kolenním kloubu. Maximální úhel, kterého chceme

na motodlaze dosáhnout je 90° flexe kolenního kloubu a 0° extenze v kolenním kloubu. Čtvrtý pooperační den je dnem propouštěcím, pokud nenastane mimořádná pooperační komplikace. V tento den jsou pacienti také instruováni ke správné chůzi do schodů (první jde na schod neoperovaná DK, poté operovaná DK a poslední se přisunou berle) a ze schodů (první jdou ze schodu berle, poté operovaná DK a poslední neoperovaná DK). Dále dostanou všichni stejné instrukce od fyzioterapeuta, jak se mají o kolenní kloub starat do první kontroly, která bývá po deseti dnech od operace. Základem je péče o jizvu (masírování pouze v okolí jizvy, promazávání), dále jednoduché cviky na lůžku (návčik flexe v kolenním kloubu sunutím paty po podložce v rozsahu pohybu 0-90°, návčik plné extenze v kolenním kloubu vypodložením paty a dále zatlačením kolene do podložky, zvedání natažené dolní končetiny nad podložku vleže na zádech, unožování dolní končetiny vleže na zádech sunutím nohy po podložce), kryoterapie kolenního kloubu.

Po deseti dnech od operace je pro všechny standardní kontrola u ortopeda, který prováděl operaci. Dochází k vyndání stehů v oblasti řezu (probandi v mém výzkumu měli všichni BTB přístup) a je zkontrolována funkčnost kolene. Berle odkládají standardně ve 4. týdnu, pokud je průběh hojení bez komplikací. V 5. týdnu mají probandi ještě kontrolu u ortopeda před začátkem rehabilitací a od 6. týdne zařazují standardní rehabilitaci na RK Malvazinky (dále kapitola 2.9.3 Rehabilitační postupy na RK Malvazinky).

Obecně platí, že bychom měli dle objektivního hodnocení stavu pacienta zařazovat vhodné cviky. To znamená cviky, které pacientovi neublíží, ale posunou ho dál v rekonvalescenci (Ragulová et al, 2020).

Probandi byli rozděleni na dvě skupiny – výzkumná a kontrolní. Kontrolní skupina měla již zmíněnou standardní rehabilitaci dle standardů RK Malvazinky. Do rehabilitace kontrolní skupiny jsem nezasahovala. Skupinová cvičení probíhala v tělocvičně vedené fyzioterapeutem.

Jako výzkumná skupina probandů byla zvolena ta, která měla individuální přístup k fyzioterapii po operaci předního zkříženého vazů. Individuální přístup k pacientovi po operaci LCA je dle mnoha zahraničních studií lepší a efektivnější, a to jak z hlediska možných pooperačních komplikací, tak z psychologického hlediska, konkrétně motivaci pacienta k pohybu (Chan, 2009; Ardern, 2014; Mazieres, 2008).

Rozdíl byl mimo individuální cvičení s pacientem i v časové délce jedné fyzioterapie. Výzkumná skupina měla celkem osm fyzioterapií po dobu 8. týdnů s frekvencí jednou týdně (jedna fyzioterapie trvala 45 min). Navíc jsme zařadili v 10. týdnu po operaci přístrojovou terapii – Imoove. Pacienti cvičili na přístroji celkem šestkrát s frekvencí jednou týdně po dobu 20 minut (viz kapitola 2.9.4 Imoove). Pacienti měli navíc v rehabilitačním balíčku

od Malvazinek: pět skupinových cvičení v bazénu, šest magnetoterapií a šest laseroterapií na jizvu.

V následujících podkapitolách je podrobný rozpis jednotlivých fyzioterapeutických terapií, a to jak u výzkumné (individuální fyzioterapie), tak u kontrolní skupiny (skupinové lekce).

4.5.1 Výzkumná skupina

Individuální fyzioterapeutická intervence byla vedena dle standardizovaných pokynů (guide lines) podrobně popsanych v kapitole 2.9.2 Rehabilitační protokoly po operaci předního zkříženého vazů. Dle autorů je jednoznačně nejdůležitější se v rané fázi zaměřit na posílení a aktivaci extenzorů kolene, dále na zvětšování rozsahu pohybu (EX plná 0° a FX nejprve do 90° od třetího týdne je možná až 120°). Kromě toho jsme se dále zaměřili i na svalovou souhru DKK. Posilovací cvičení bylo koncipováno tak, že každý cvik byl proveden osm krát ve třech sériích, mezi nimiž byly vždy dvě minuty odpočinku. Pacient přišli na první fyzioterapii v 6. týdnu bez berlí a ortézy a nacvičovali jsme nejprve správnou chůzi bez berlí, poté modifikaci chůze a přidali jsme chůzi na běžícím pásu. Jelikož se autoři shodují, že nárůst svalového objemu stehna závisí na excentrickém cvičení zařadili jsme v rámci fyzioterapeutických hodin rotoped (přibližně 10-15 min), který pacienti měli využívat i mimo fyzioterapie. Od 8. týdne pacienti zařadili venkovní jízdu na kole.

Od 9. týdne, kdy začíná třetí fáze pooperační rehabilitace LCA jsme zařadili cvičení na základě funkčního zapojení pohybových vzorů (dále DNS), dynamická balanční a plyometrická cvičení, lehký běh na běžícím pásu. Od 13. týdne měli pacienti dovolený běh po rovném terénu venku.

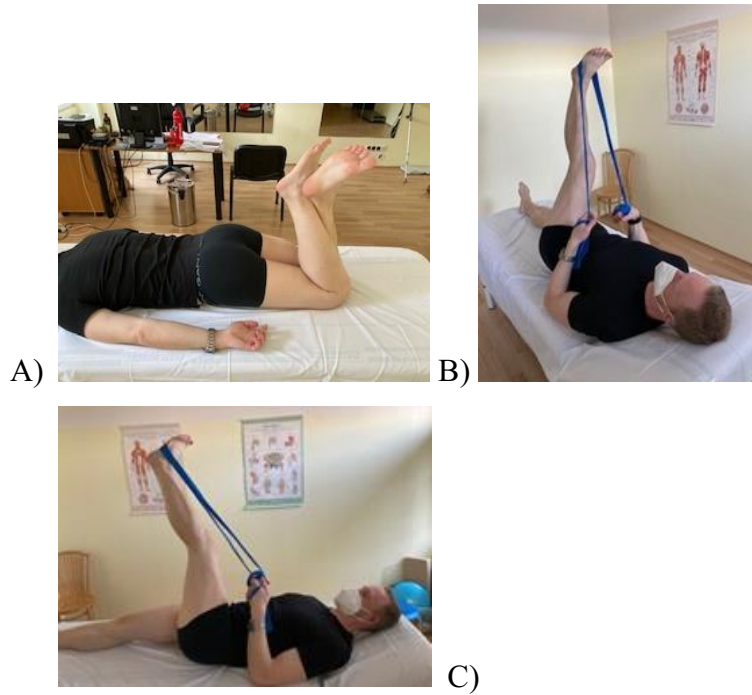
Od 10. týdne měli pacienti navíc zařazenou přístrojovou terapii Imoove, kde byl přesně předefinovaný program na koleno (program základní vol 1 a 2, pokročilí vol 1 a 2, pokročilí kotník vol 1, pokročilí chodidla vol 1).

Následuje podrobný rozpis fyzioterapeutických jednotek u výzkumné skupiny od 6. do 15. pooperačního týdne.

1. **6. týden od operace:** vstupní kineziologický rozbor (viz kapitola 4.3 Měření a sběr dat) + fyzioterapie: terapie MT (MOB pately, hl. fibuly, posunlivost a protažení fascií, jizvy), protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), izometrické posílení oslabených svalů s overballem (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory

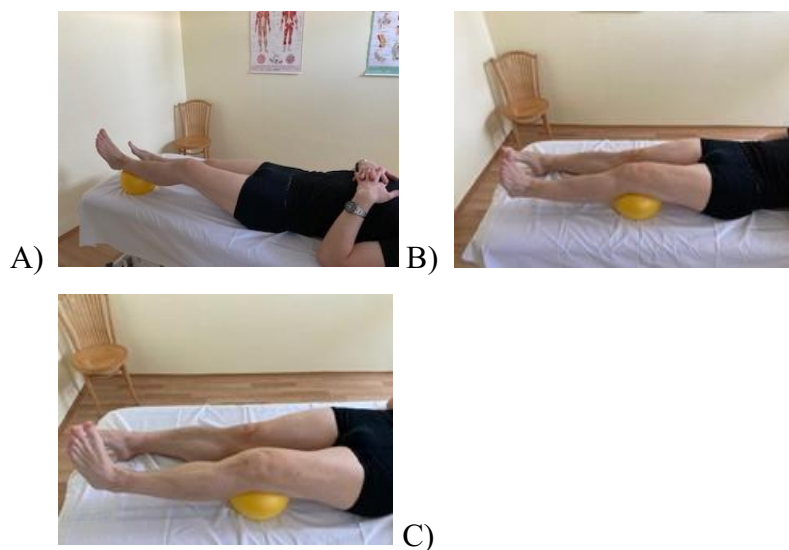
kyčle, hamstringy, m. gluteus maximus), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, nácvik chůze bez berlí a ortéz.

Obrázek 17 - protažení – varianta A (na přední stranu stehna, alternativa s vypodložením stehna zaměření na iliopsoas), varianta B (na semi svaly), varianta C (na m. biceps femoris).



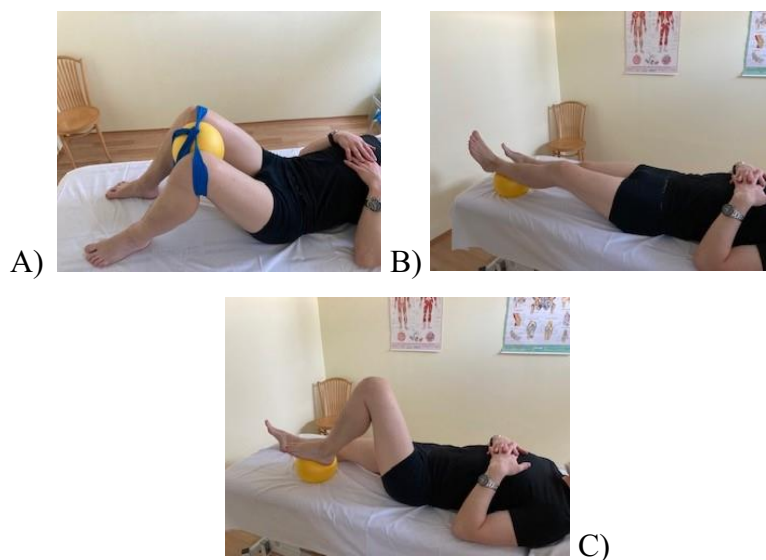
Zdroj: vlastní

Obrázek 18 - posílení *m. quadriceps femoris* izometricky s overballem – varianta A (na *m. rectus femoris*), varianta B (na *m. vastus lateralis*), varianta C (na *m. vastus medialis*).



Zdroj: vlastní

Obrázek 19 - varianta A – izometrické posílení adduktorů a abduktorů kyčle, varianta B – izometrické posílení *m. quadriceps femoris*, varianta C – izometrické posílení hamstringy. Varianta B a C s koulením nohy po míčku a tím zvětšování rozsahu pohybu do flexe s nácvikem do plné extenze.



Zdroj: vlastní

2. **7. týden od operace:** vyšetření MT v oblasti kolene (fascie, jizva, fibula, patela), vyšetření a nácvik chůze na běžeckém páse 10 min, rotoped 10 min. Zařazení nových analytických cviků s therabandem, využití prvků PNF, protažení zkrácených svalů

(hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), nácvik modifikované chůze (čapí chůze, stranová chůze, tandemová chůze, po patách, po špičkách, pozadu, chůze do/ze schodů). Zařazení rotopedu na doma, plavání kraulový styl nohy.

Obrázek 20 - analytické posilování s therabandem – varianta A – do flexe v kyč. kl. varianta B – cvičení do 2. diagonály dle PNF s therabandem, varianta C – 1. diagonála dle PNF s therabandem.



A)



B)



C)

Zdroj: vlastní

Obrázek 21 - analytické posilování s therabandem do abdukce v kyč. kl.



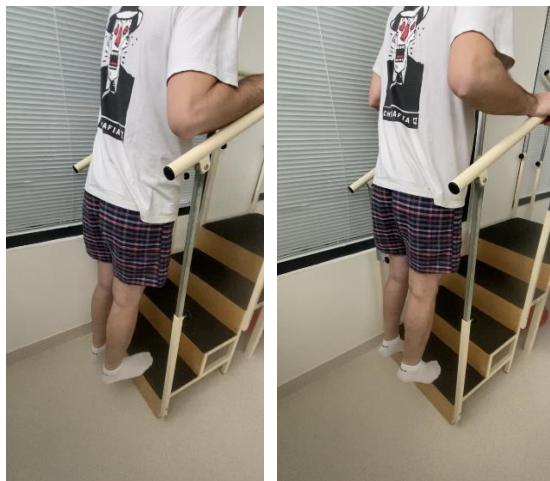
Zdroj: vlastní

Obrázek 22 - analytické posilování s therabandem do extenze v kyč. kl.



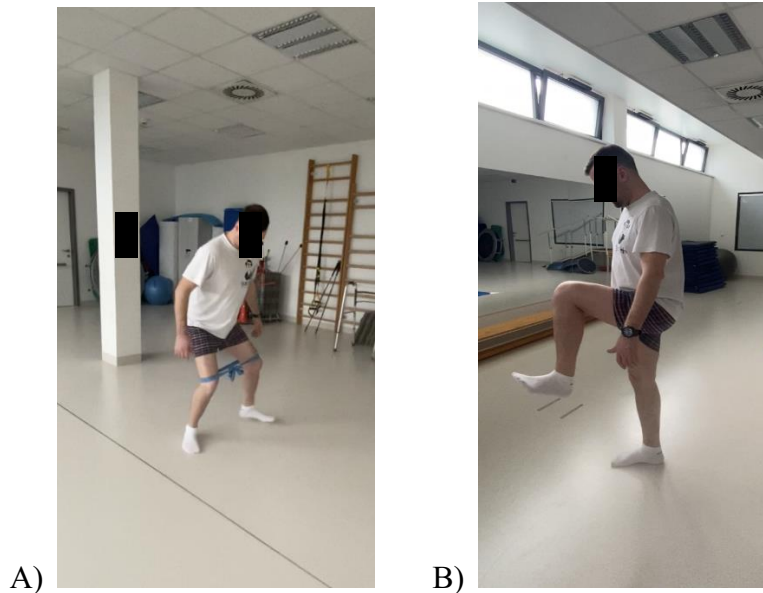
Zdroj: vlastní

Obrázek 23 - výpony o schod – na posílení lýtkových svalů.



Zdroj: vlastní

Obrázek 24 - modifikace chůze – varianta A – chůze do stran s therabandem kolem kolen, v mírném podřepu, varianta B – čapí chůze.



Zdroj: vlastní

3. **8. týden od operace:** vyšetření MT v oblasti kolene (fascie, jizva, fibula, patela), vyšetření a nácvik chůze na běžeckém páse 10 min, rotoped 10 min. Protahení zkrácených svalů (hamstringy, semí svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů se závažím do 2 kg do FX kol. a kyč. kl., ABD kyč. kl., ADD kyč. kl., EX kyč. kl., výpony, do 1 kg do EX v kol. kl. Nácvik senzomotoriky (nácvik trojbodové opory, stoj na 1DK, nácvik výpadu).

Obrázek 25 - další alternativy – varianta A - izometrického posílení m.quadriceps femoris, varianta B – protažení hamstringy ve stoje.



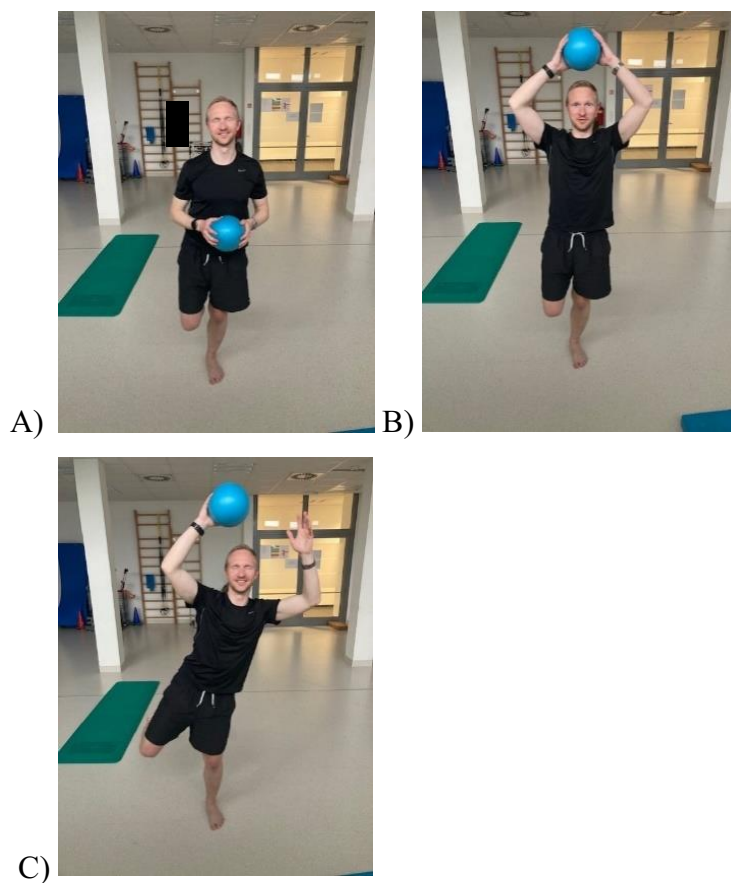
Zdroj: vlastní

Obrázek 26 - stoj na 1 DK bez nestabilní plošiny – s overballem, který pacient pokládá a následně zvedá do obrazce hodin.



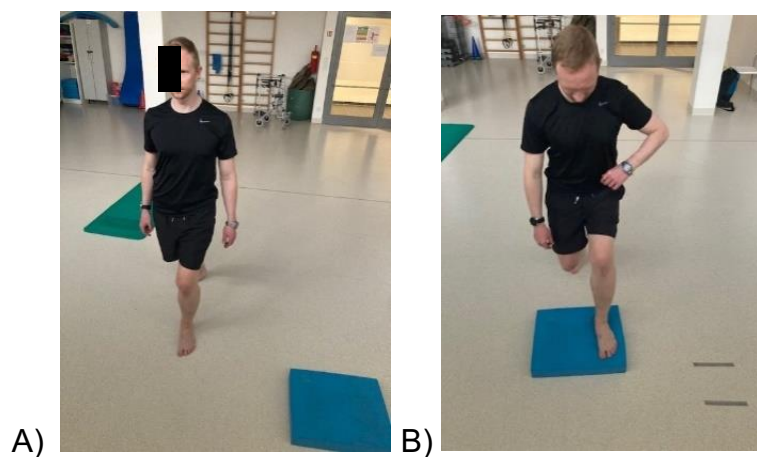
Zdroj: vlastní

Obrázek 27 - stoj na 1DK – varianta A – normální stoj, varianta B – s vyloučením rukou, varianta C – se zavřenýma očima.



Zdroj: vlastní

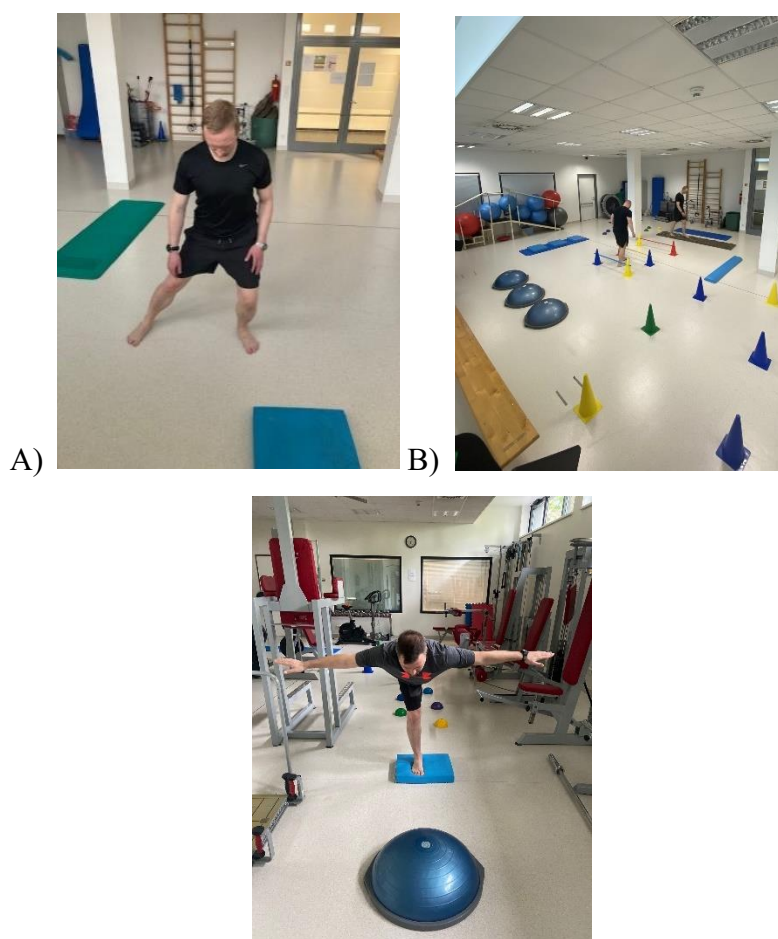
Obrázek 28 - nácvik výpadu vpřed – varianta A – bez podložky, varianta B – s balanční podložkou.



Zdroj: vlastní

4. **9. týden od operace:** vyšetření MT v oblasti kolene (fascie, jizva, fibula, patela), běh na běžeckém páse 10 min, rotoped 10 min. Protahování zkrácených svalů (hamstringy, semí svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů se závažím do 3 kg do FX kol. a kyč. kl., ABD kyč. kl., ADD kyč. kl., EX kyč. kl., výpony, do 1, 5 kg EX v kol. kl. Návěk senzomotoriky (balanční podložky – airex, ježek, bosu) zařazením výpadů (do stran, dozadu), návěk dřepu dle DNS – nejprve návěk do flexe v kyč.kl. do 90°, cvičení před zrcadlem, bez balanční podložky. Na balančních podložkách jsme nacvičovali stoj na 1DK, souměrné rozkládání váhy na pravou a levou DK, chodili jsme popředu/pozadu/stranově, překračovali jsme překážky se správným nášlapem chodidla.

Obrázek 29 - varianta A – návěky výpadů – výpad do stran, nejprve bez poté s balanční podložkou. Návěk výpadů do všech stran ve směru hodin. Varianta B – cvičení na nestabilních plošinách.



Zdroj: vlastní

5. **10. týden od operace:** vyšetření MT v oblasti kolene (fascie, jizva, fibula, patela), běh na běžeckém páse 10 min, rotoped 10 min. Protahování zkrácených svalů (hamstringy,

semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů se závažím do 4 kg do FX kol. a kyč. kl., ABD kyč. kl., ADD kyč. kl., EX kyč. kl., výpony, do 2 kg EX v kol. kl. Návčik senzomotoriky s balančními podložkami (airex, ježek, bosu) - návčik výpadu (do stran, dozadu), dřepu, dřepu se závažím, skoky na bosu. Dále zařazení poskoků na lavičku, přeskoky přes překážku, cvičení dle prvků DNS, cvičení na IMOOVE (program koleno základní vol 1).

Obrázek 30 -DNS sestava – z korigovaného stoje – hluboký dřep – do pozice nízkého medvěda – do pozice vysokého medvěda – v něm zacvičení FX - EX kol. kl. – do nízkého medvěda – do hlubokého dřepu – korigovaného stoje.

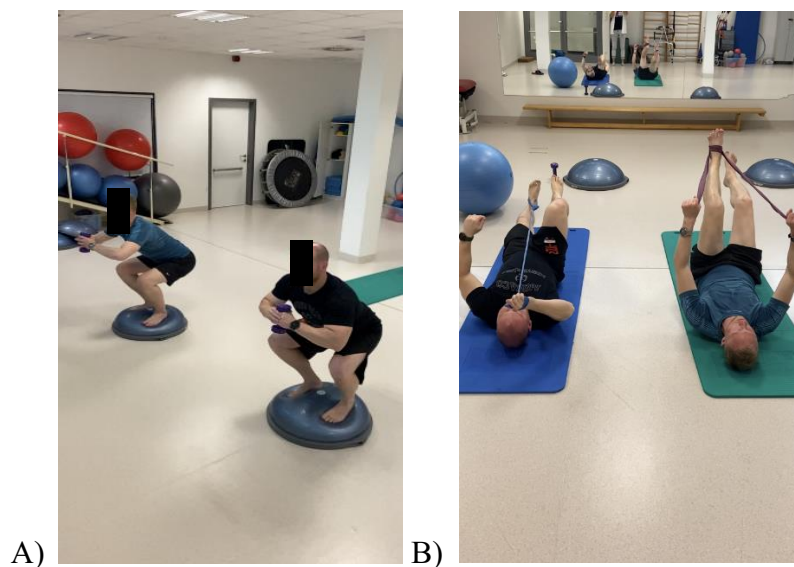


Zdroj: vlastní

6. **11. týden po operaci:** vyšetření MT v oblasti kolene (fascie, jizva, fibula, patela), běh na běžeckém páse 10 min, rotoped 10 min. Protahení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů se závažím do 5 kg do FX kol. a kyč. kl., ABD kyč. kl., ADD kyč. kl., EX kyč. kl., výpony, do 3 kg EX v kol. kl. Cvičení

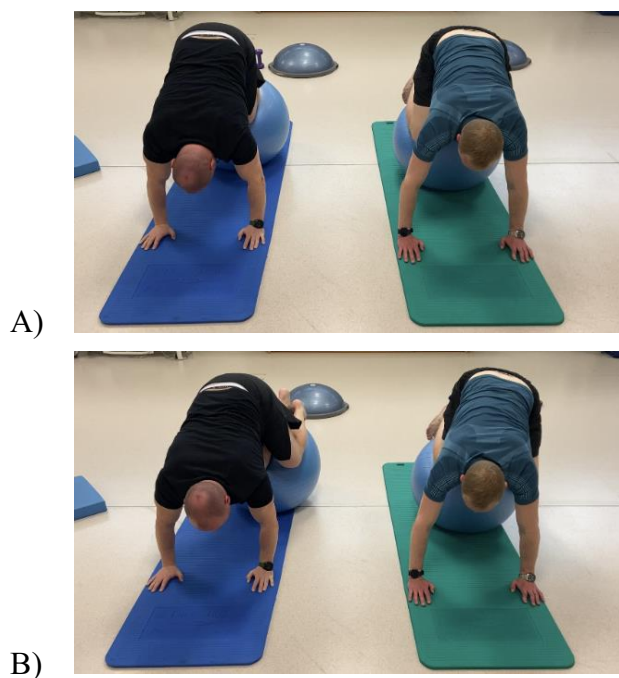
na balančních podložkách, dále nácvik dřepu se závažím na balanční podložce, nácvik stability s pomocí gymnastického míče, poskoky na lavičku, skoky na bosu, přeskoky přes překážku. Aktivace HSS (hlubokého stabilizačního systému) dle DNS – v pozici na zádech s použitím therabandu. Cvičení na IMOOVE (program koleno základní vol 2).

Obrázek 31 - varianta A – nácvik dřepu se závažím v ruce, varianta B – aktivace HSS v pozici na zádech s použitím therabandu.



Zdroj: vlastní

Obrázek 32 - nácvik stability na gymnastickém míči, varianta A – výchozí pozice, varianta B – úklon do strany.



Zdroj: vlastní

7. **12. týden po operaci:** vyšetření MT v oblasti kolene (fascie, jizva, fibula, patela), běh na běžecském páse 10 min, rotoped 10 min. Protahení zkrácených svalů (hamstringy, semí svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů se závažím do 5 kg do FX kol. a kyč. kl., ABD kyč. kl., ADD kyč. kl., EX kyč. kl., výpony, do 3 kg EX v kol. kl. Zařazení balančních podložek a na nich nácvik dřepu, dřepu se závažím, nácvik stability pomocí gymnastického míče, poskoky na lavičku, skoky na bosu, přeskoky přes překážku. Nácvik prkna z DNS – v pozici na zádech s použitím therabandu. Cvičení na IMOOVE (program koleno pokročilí vol 1).
8. **13. týden po operaci:** IMOOVE (program koleno pokročilí vol 2).
9. **14. týden po operaci:** IMOOVE (program kotníky pokročilí vol 1)
10. **15. týden po operaci:** výstupní kineziologický rozbor + IMOOVE (program chodidla pokročilí vol 1).

4.5.2 Kontrolní skupina

Skupina, která měla skupinové cvičení vedené fyzioterapeutem, měla cvičení dvakrát týdně tudíž skončila již v 9. týdnu po operaci LCA. Jedna skupinová lekce trvala 30 minut.

Na začátku skupinových lekcí se probandi zaměřovali opět na aktivitu a posílení m. quadriceps femoris, nacvičovali chůzi bez berlí a ortéz, dále modifikace chůze. Od 7. týdne zařadili probandi do fyzioterapií nestabilní plošiny a od devátého týdne prvky plyometrického cvičení.

Kromě cvičení s terapeutem neměli zařazené ostatní prvky rehabilitace – například rotoped, běžící pás. Dále tato skupina neměla přístrojovou rehabilitaci Imoove.

Následuje podrobný rozpis jednotlivých fyzioterapeutických jednotek kontrolní skupiny v rozmezí od 6. do 9. pooperačního týdne.

1. **6. týden od operace:** vstupní kineziologický rozbor (viz kapitola 4.3 Měření a sběr dat) - terapie MT (MOB pately, hl. fibuly, posunlivost a protažení fascií, jizvy), protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), izometrické posílení oslabených svalů s overballem (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, nácvik chůze bez berlí a ortéz.
2. **6. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), izometrické posílení oslabených svalů s overballem (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po patách, čapí, mravenčí chůze).
3. **7. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy, lýtkové svaly) s therabandem (do FX/EX v kyč.kl., FX/EX v kol.kl., ABD/ADD kyč.kl., výpony), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po patách, čapí, mravenčí chůze). Nácvik stoje na 1 DK s přenášením váhy a modifikace cvičení. Nácvik senzomotorického cvičení – výpady dopředu, dozadu, do stran. Stoj na balanční podložce (airex).
4. **7. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy, lýtkové svaly) s therabandem (FX a EX v kyč. kl., FX a EX v kol. kl., ABD

a ADD kyč. kl., výpony), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po patách, čapí, mravenčí chůze). Cvičení na balanční podložce (airex) – stoj na 1DK, přenášení váhy, výpady.

5. **8. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy, lýtkové svaly) s therabandem (FX a EX v kyč. kl., FX a EX v kol. kl., ABD a ADD kyč. kl., výpony), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po patách, čapí, mravenčí chůze). Cvičení na balanční podložce – stoj na 1DK, přenášení váhy, výpady. Nácvič dřepe nejprve bez poté s balanční podložkou (airex).
6. **8. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy, lýtkové svaly) s therabandem (FX a EX v kyč. kl., FX a EX v kol. kl., ABD a ADD kyč. kl., výpony), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po patách, čapí, mravenčí chůze). Cvičení na balanční podložce (bosu) – nácvič stoje, stoj na 1DK, přenášení váhy, výpady, dřepy.
7. **9. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy, lýtkové svaly) s therabandem (FX a EX v kyč. kl., FX a EX v kol. kl., ABD a ADD kyč. kl., výpony), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po patách, čapí, mravenčí chůze). Cvičení na balanční podložce (bosu) – nácvič stoje, stoj na 1DK, přenášení váhy, výpady, dřepy, skákání.
8. **9. týden od operace:** skupinové cvičení – protažení zkrácených svalů (hamstringy, semi svaly (semitendinosus a semimebranosus), m. biceps femoris, m. iliopsoas, adduktory kyčle), posílení oslabených svalů (m. quadriceps femoris, adduktory a abduktory kyčle, hamstringy, lýtkové svaly) s therabandem (FX a EX v kyč. kl., FX a EX v kol. kl., ABD a ADD kyč. kl., výpony), zvětšování rozsahu pohybu do flexe a extenze pomocí excentrické kontrakce, modifikace chůze (stranová chůze, pozadu, po špičkách, po

patách, čapí, mravenčí chůze). Cvičení na balanční podložce (bosu) – nácvik stoje, stoj na 1DK, přenášení váhy, výpady, dřepy, skákání.

5 VÝSLEDKY

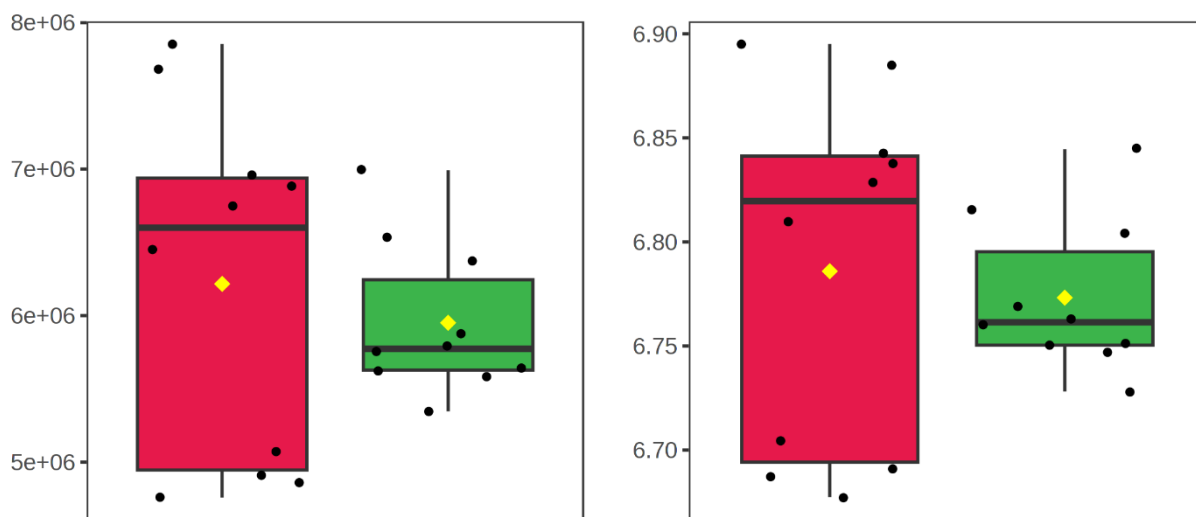
Experimentu účastnilo dvacet probandů z toho dvanáct mužů a osm žen ve věkovém rozmezí 20-40 let. Probandi byli rozdělení do dvou skupin – výzkumná a kontrolní.

5.1 Výsledky svalového objemu u operované dolní končetiny při prvním měření (6. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny

Průměrný svalový objem stehna operované dolní končetiny u výzkumné skupiny (n=10) je 5951,117 cm³. U kontrolní skupiny (n=10) je 6216,500 cm³.

Dle T-testu není rozdíl svalového objemu v 6. týdnu po operaci operované dolní končetiny mezi skupinami statisticky významný, hodnota $p=0,67573$.

Obrázek 33 - svalový objem v 6. týdnu po operaci LCA u operované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm³), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm³ po logaritmické transformaci.



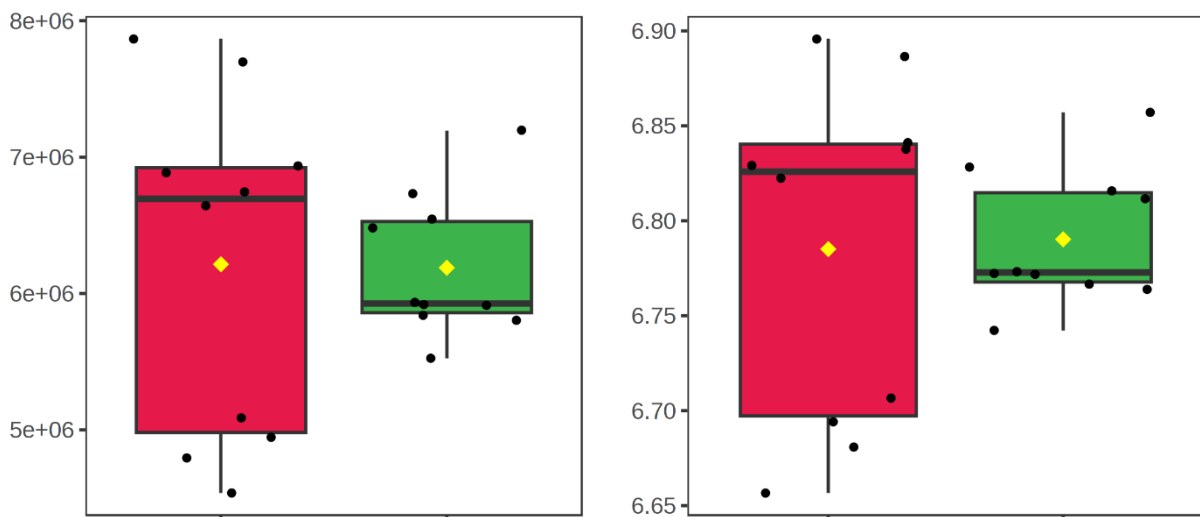
5.2 Výsledky svalového objemu u operované dolní končetiny při druhém měření (15. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny

Průměrný svalový objem stehna operované dolní končetiny u výzkumné skupiny (n=10) je 6188,890 cm³. U kontrolní skupiny (n=10) je 6214,287 cm³.

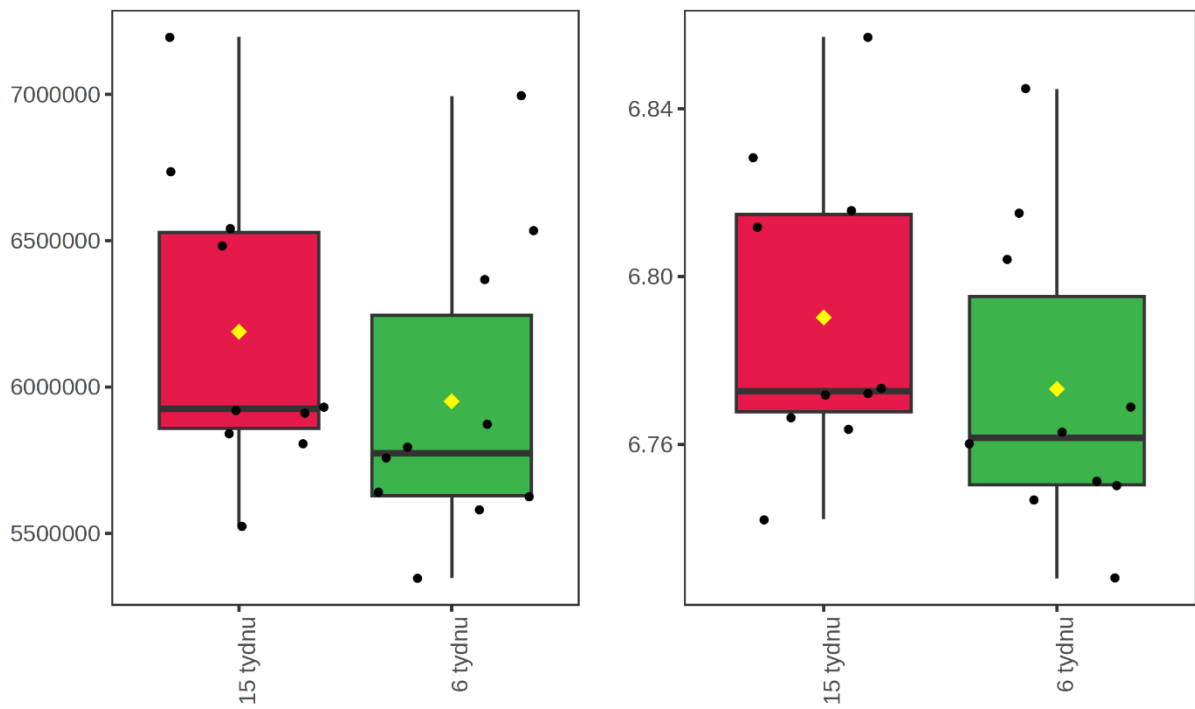
Nárůst u kontrolní skupiny v průběhu 9. týdnů terapie není tak vysoký jak u výzkumné, u které byl zvolen individuální přístup fyzioterapie. U jednotlivých svalových objemů kontrolní skupiny byl u třech probandů zaznamenán i pokles svalového objemu v porovnání mezi prvním a druhým měřením.

Sice dle T-testu není rozdíl svalového objemu v 15. týdnu po operaci operované dolní končetiny mezi skupinami statisticky významný, hodnota $p=0,86966$. Ale z obrázku je vidět, že u kontrolní skupiny je větší rozptyl hodnot než u výzkumné.

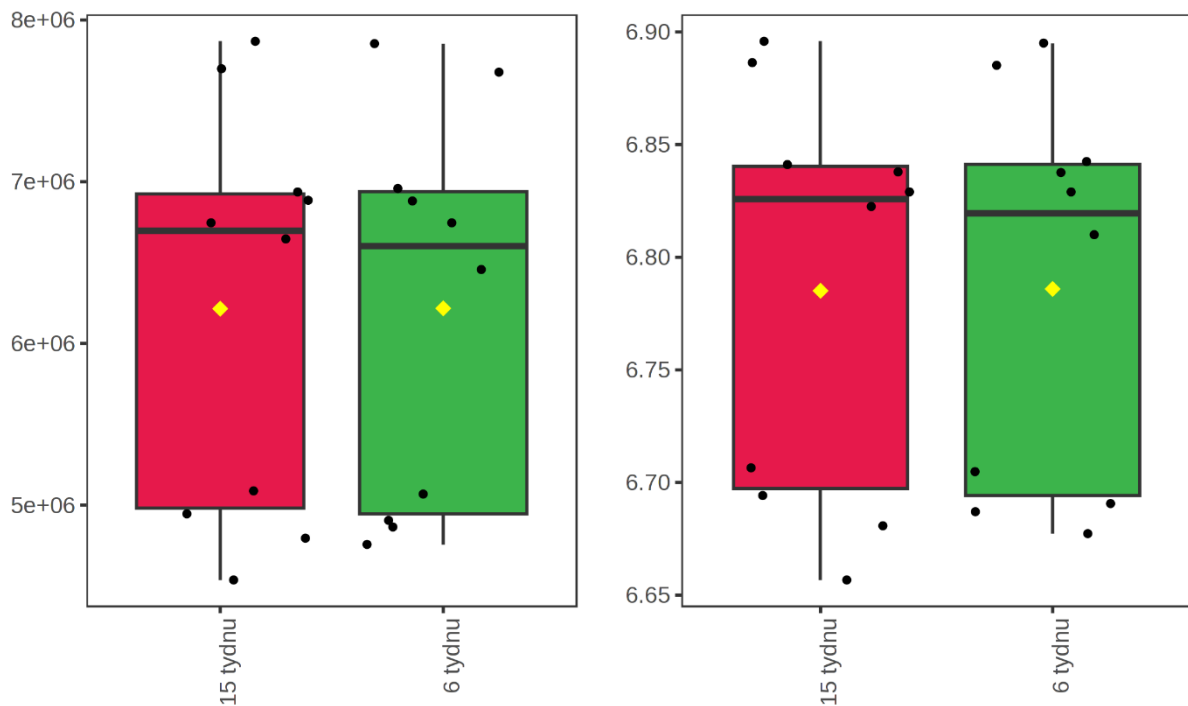
Obrázek 34 - svalový objem v 15. týdnu po operaci LCA u operované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm³), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm³ po logaritmické transformaci.



Obrázek 35 – výzkumná skupina, která měla individuální terapie po dobu 9. týdnů. Znáznorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm^3), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm^3 po logaritmické transformaci.



Obrázek 36 - kontrolní skupina, která měla skupinovou terapii. Znázorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm^3), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm^3 po logaritmické transformaci.

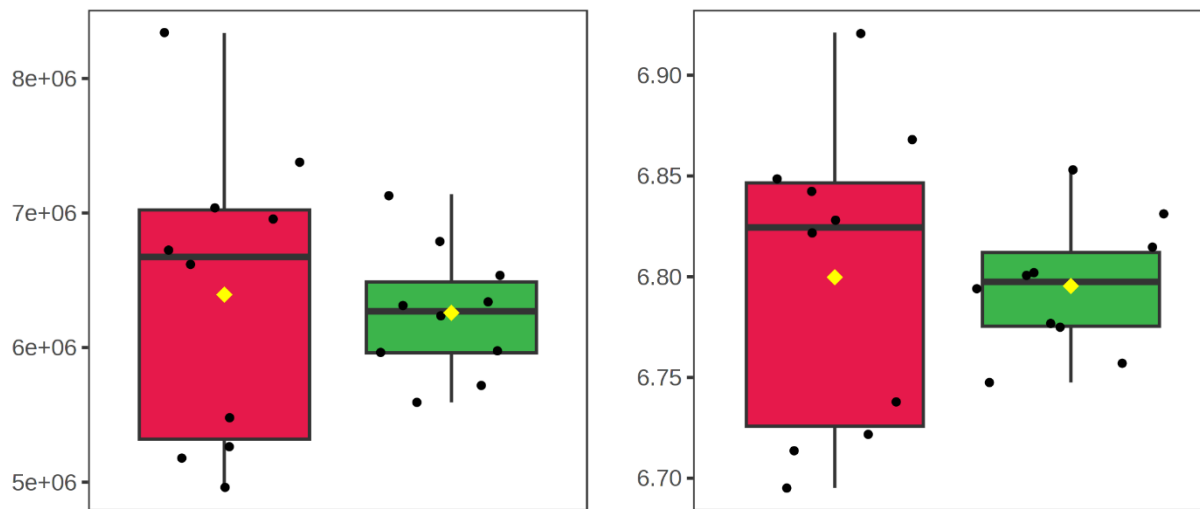


5.3 Výsledky svalového objemu u neoperované dolní končetiny při prvním měření (6. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny

Průměrný svalový objem stehna neoperované dolní končetiny u výzkumné skupiny ($n=10$) je $6258,542 \text{ cm}^3$. U kontrolní skupiny ($n=10$) je $6393,757 \text{ cm}^3$.

Dle T-testu není rozdíl svalového objemu v 6. týdnu po operaci neoperované dolní končetiny mezi skupinami statisticky významný, hodnota $p=0,8714$.

Obrázek 37 - svalový objem v 6. týdnu po operaci LCA u neoperované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm^3), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm^3 po logaritmické transformaci.



5.4 Výsledky svalového objemu u neoperované dolní končetiny při druhém měření (15. týden po operaci) u výzkumné a kontrolní skupiny

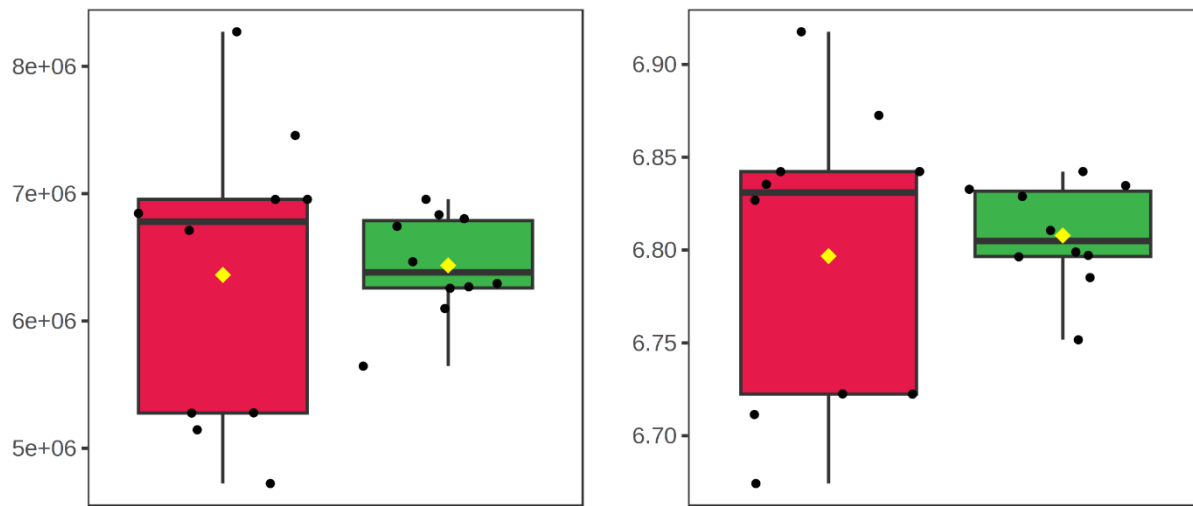
Průměrný svalový objem stehna operované dolní končetiny u výzkumné skupiny ($n=10$) je $6436,302 \text{ cm}^3$. U kontrolní skupiny ($n=10$) je $6361,826 \text{ cm}^3$.

V průběhu 9. týdnů terapie došlo u výzkumné skupiny k svalovému nárůstu objemu u neoperované dolní končetiny, u které byl zvolen individuální přístup fyzioterapie.

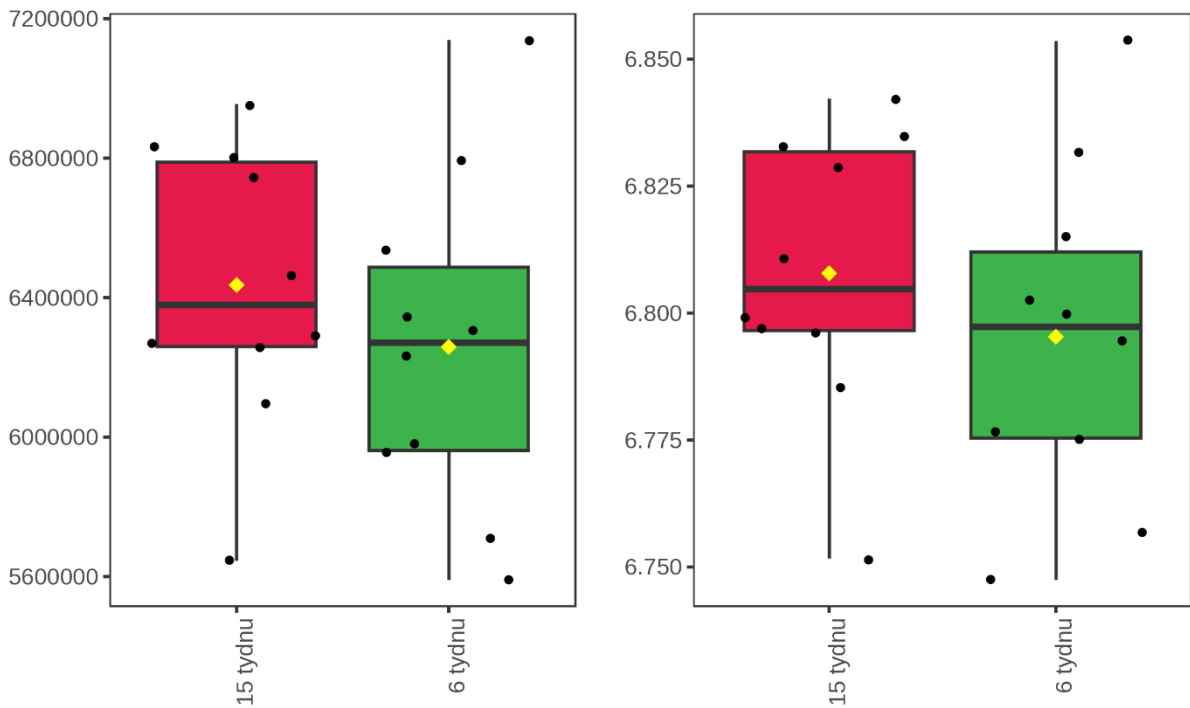
Kontrolní skupina zaznamenala svalovou ztrátu objemu mezi prvním a druhým měřením. Může to být tím, že u čtyř probandů kontrolní skupiny byl zaznamenán svalový pokles objemu.

Sice dle T-testu není svalový objem v 15. týdnu po operaci neoperované dolní končetiny mezi skupinami statisticky významný, hodnota $p=0,69233$. Ale z obrázku je vidět, že u kontrolní skupiny je větší rozptyl hodnot než u výzkumné.

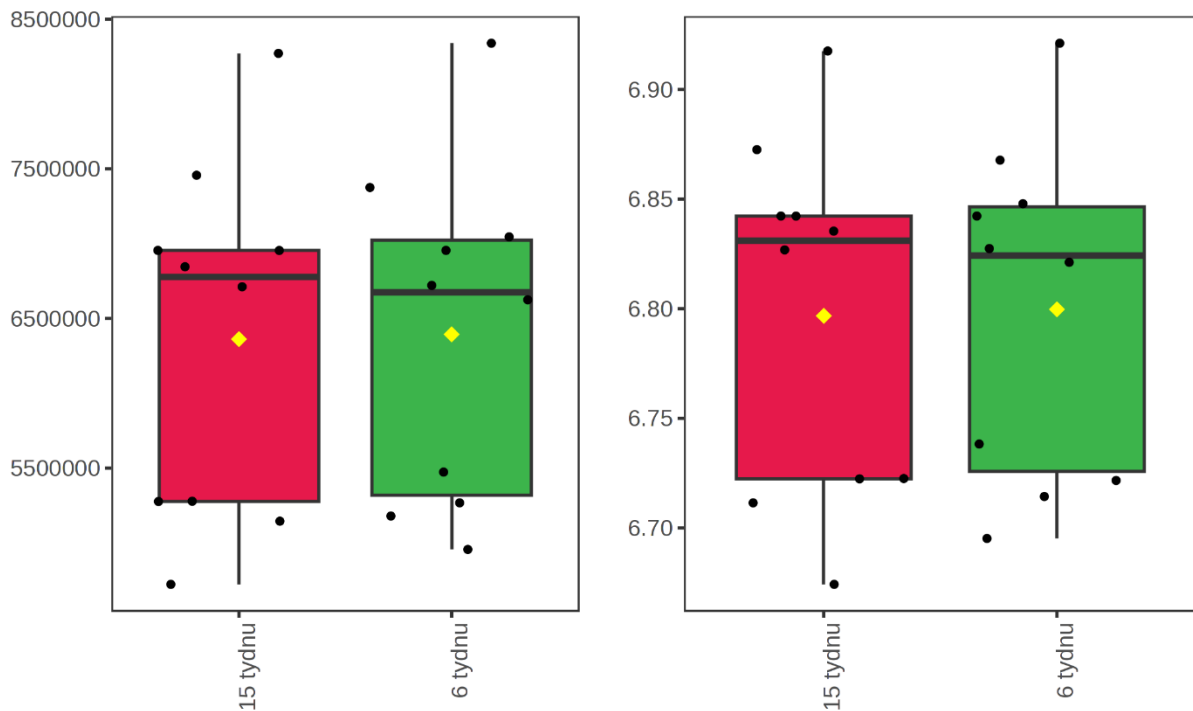
Obrázek 38 - svalový objem v 15. týdnu po operaci LCA u neoperované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm^3), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm^3 po logaritmické transformaci.



Obrázek 39 - výzkumná skupina, která měla individuální terapie po dobu 9. týdnů. Znárodně první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15 týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm^3), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm^3 po logaritmické transformaci.



Obrázek 40 - kontrolní skupina, která měla skupinovou terapii. Znázorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm³), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm³ po logaritmické transformaci.

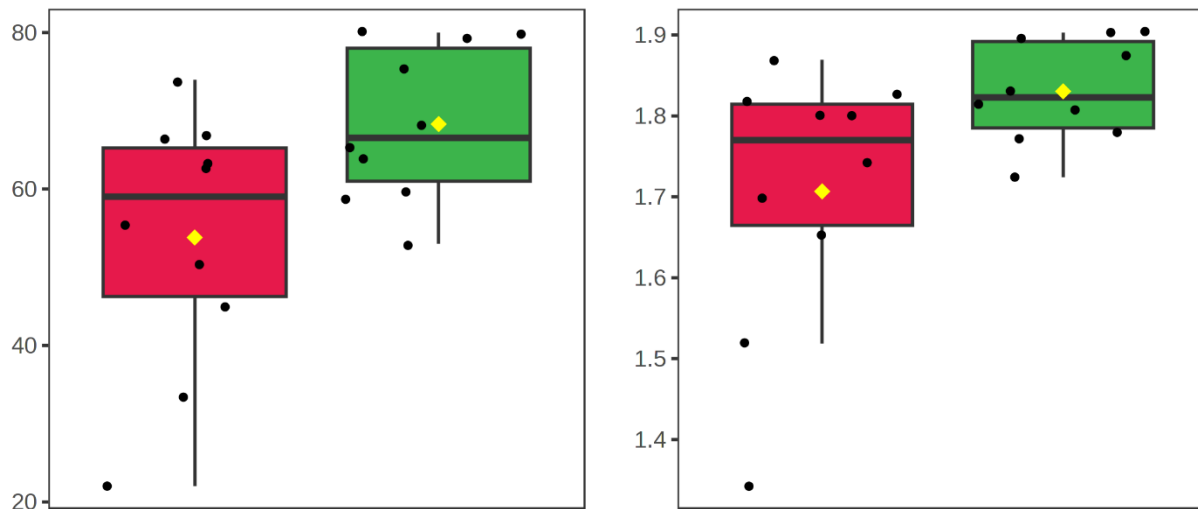


5.5 Výsledky bodových rozdílů Lysholm knee score při první návštěvě v 6. týdnu po operaci u výzkumné a kontrolní skupiny

Průměr score u výzkumné skupiny v 6. týdnu po operaci je 68,3. U kontrolní skupiny je nižší 53,8.

Dle T-testu je rozdíl v Lysholm knee score v 6. týdnu po operaci mezi skupinami statisticky významný, hodnota $p=0,04685$.

Obrázek 41 – výsledky Lysholm knee score v 6. týdnu po operaci LCA. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.



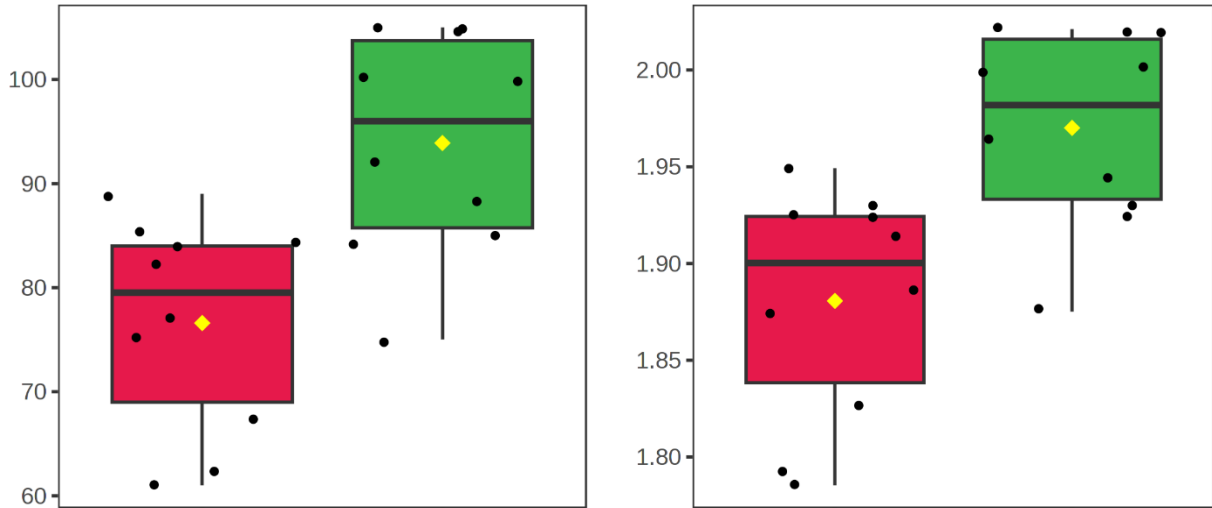
5.6 Výsledky bodových rozdílů Lysholm knee score při druhé návštěvě v 15. týdnu po operaci u výzkumné a kontrolní skupiny

Průměr score u výzkumné skupiny v 6. týdnu po operaci je 93,9. U kontrolní skupiny je nižší 76,6.

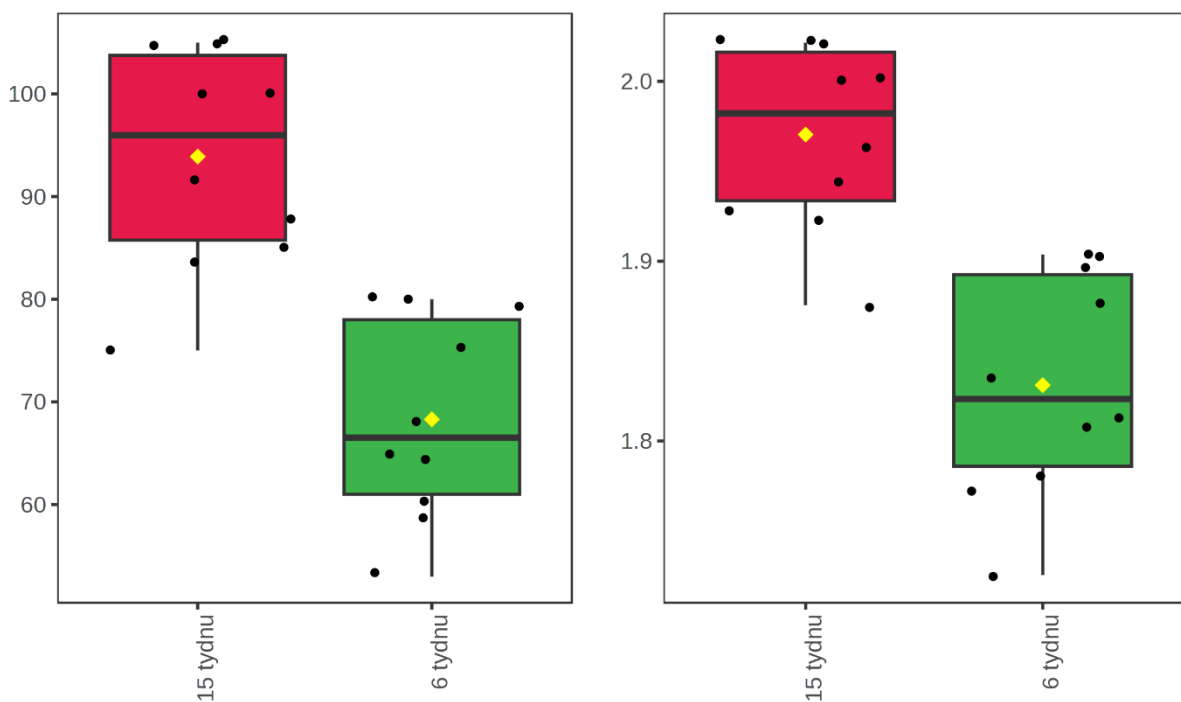
Score vzrostlo u výzkumné skupiny o 25,6, u kontrolní skupiny 22,8.

Dle T-testu je rozdíl v Lysholm knee score v 15. týdnu po operaci mezi skupinami statisticky významný, hodnota $p=0,0020453$.

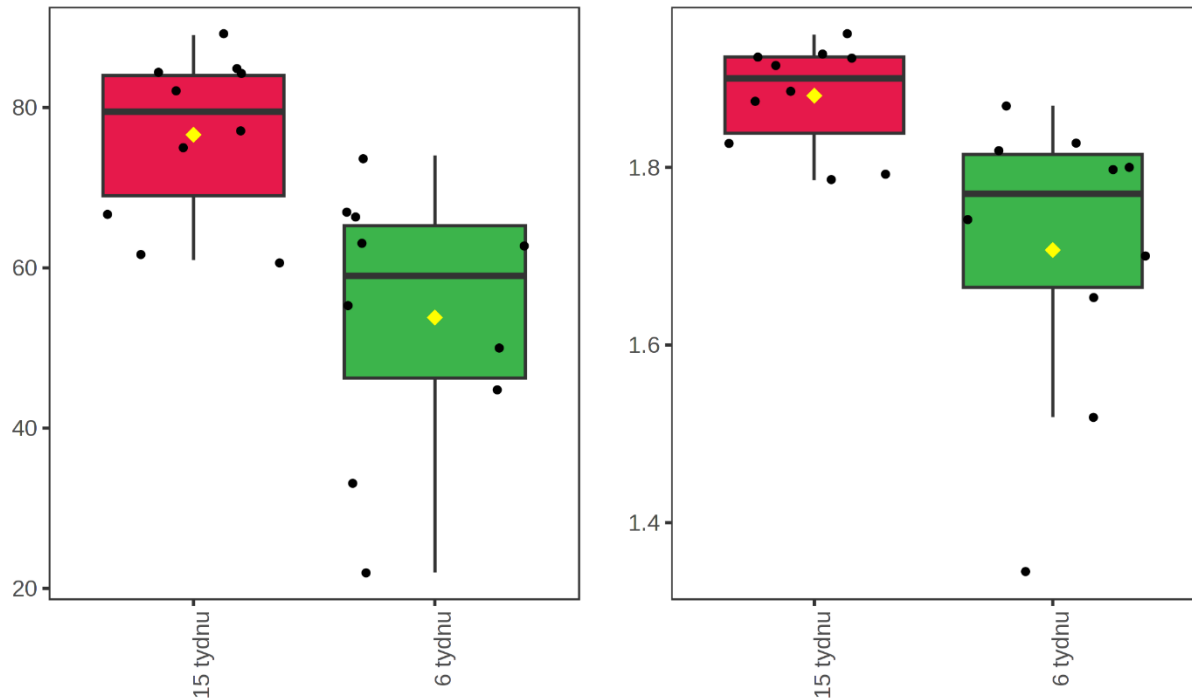
Obrázek 42 - výsledky Lysholm knee score v 15. týdnu po operaci LCA. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.



Obrázek 43 - výzkumná skupina Lysholm knee score v 6. týdnu (dotazník zpracován během první návštěvy) a v 15. týdnu (během poslední návštěvy). Červená barva (15. týden), zelená barva (6. týden). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.



Obrázek 44 - kontrolní skupina Lysholm knee score v 6. týdnu (dotazník zpracován během první návštěvy) a v 15. týdnu (během poslední návštěvy). Červená barva (15. týden), zelená barva (6. týden). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.



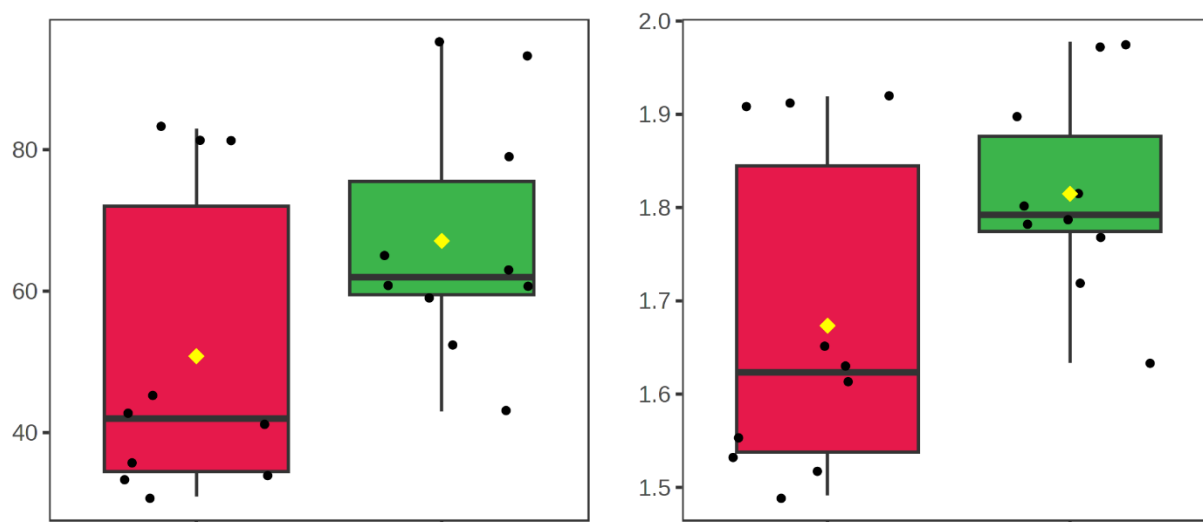
5.7 Výsledky rozdílů příjmu bílkovin mezi výzkumnou a kontrolní skupinou

Průměrný příjem bílkovin u výzkumné skupiny během 9. týdnů, kdy si probandi zaznamenávali stravu a pohyb do deníčku, je 67,29233 g. U kontrolní skupiny je 50,48611 g.

Rozdíl mezi výzkumnou a kontrolní skupinou v příjmu bílkovin je 16,80622 g ve prospěch výzkumné skupiny.

Dle T-testu je rozdíl mezi skupinami v příjmu bílkovin statisticky významný, hodnota $p=0,043678$.

Obrázek 45 - výsledky rozdílů v příjmu bílkovin (g). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů, pravý hodnoty, které byly dekadicky zlogaritmovány. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (příjem bílkovin v g), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty v příjmu bílkovin v g po logaritmické transformaci.



5.8 Výsledky rozdílů příjmu energie mezi výzkumnou a kontrolní skupinou

Průměrný příjem energie (kcal) u výzkumné skupiny během 9. týdnů, kdy si probandí zaznamenávali stravu a pohyb do deníčku, je 1296,833 kcal. U kontrolní skupiny je 1151,441 kcal.

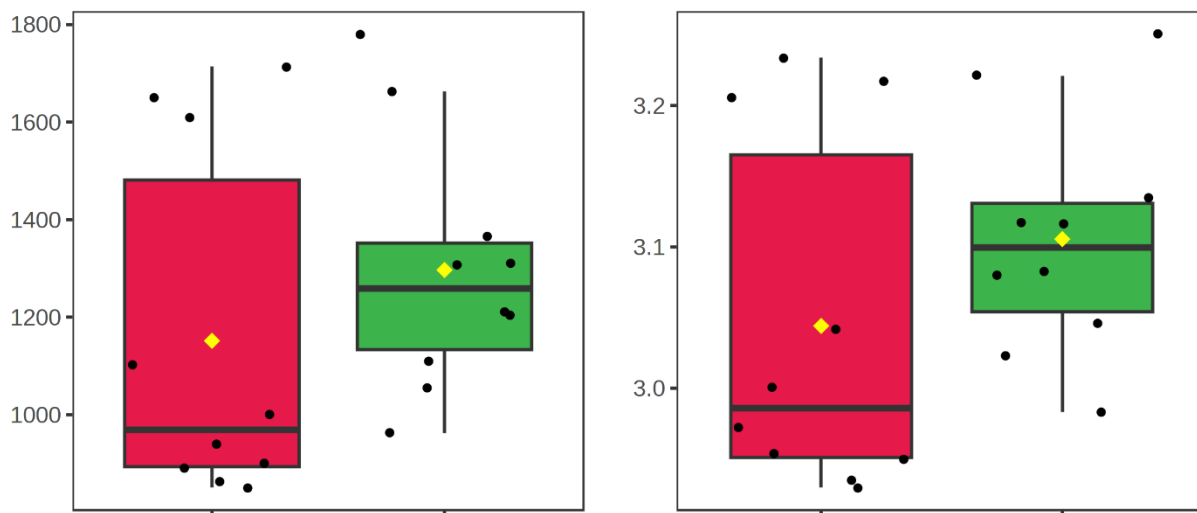
Rozdíl mezi výzkumnou a kontrolní skupinou v příjmu energie je 145,392 kcal ve prospěch výzkumné skupiny.

Průměrný příjem energie (kcal) by výzkumná skupina měla mít 2997,99 kcal, ale jejich průměrný energetický příjem byl 1296,833 kcal.

Kontrolní skupina měla mít průměrný příjem energie 2637,64 kcal, ale měla 988,165 kcal. Ani jedna ze skupin neměla průměrný denní příjem takový, jaký měla dle jejich parametrů (výška, váha, věk, pohlaví) mít.

Dle T-testu je rozdíl mezi skupinami v příjmu energie statisticky nevýznamný, hodnota $p=0,21542$.

Obrázek 46 – výsledky rozdílů v příjmu energie (kcal). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů, pravý hodnoty, které byly dekadicky zlogaritmovány. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (příjem energie v kcal), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty v příjmu energie v kcal po logaritmické transformaci.



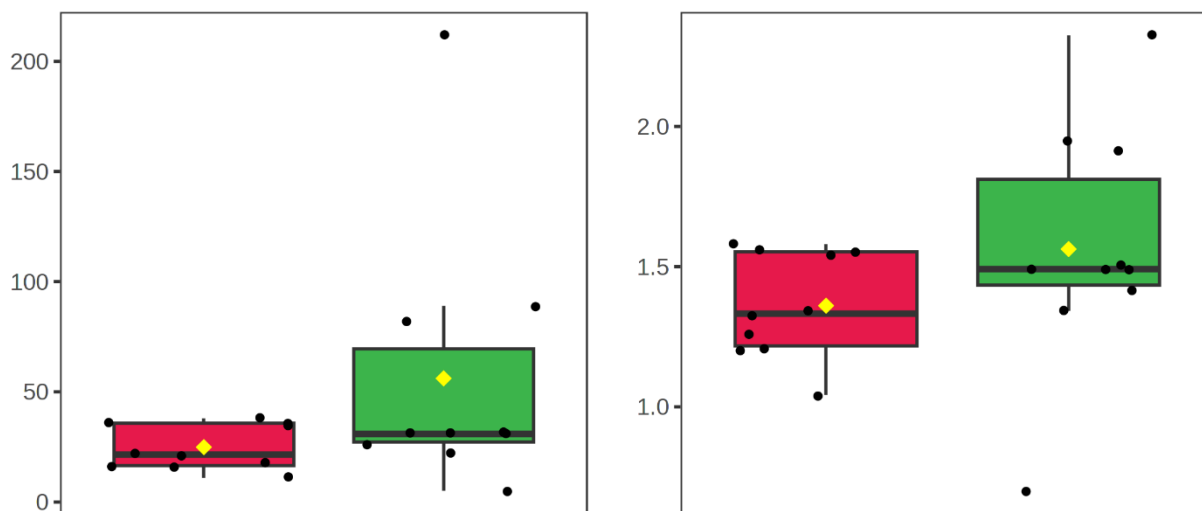
5.9 Výsledky rozdílů aerobního pohybu mezi výzkumnou a kontrolní skupinou

Průměrná doba (min) v aerobní aktivitě (chůze, kolo, rotoped, plavání) po dobu 9. týdnů, kdy si probandů zaznamenávali stravu a pohyb do deníčku, je 56 min. U kontrolní skupiny je 25 min.

Rozdíl mezi výzkumnou a kontrolní skupinou v aerobní aktivitě je téměř dvojnásobek a to 31 min ve prospěch výzkumné skupiny.

Dle T-testu je rozdíl mezi skupinami v aerobní aktivitě statisticky nevýznamný, hodnota $p=0,20094$.

Obrázek 47 - výsledky rozdílů aerobního pohybu (min). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů, pravý hodnoty, které byly dekadicky zlogaritmovány. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (aerobní pohyb v min), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty aerobního pohybu v min po logaritmické transformaci.



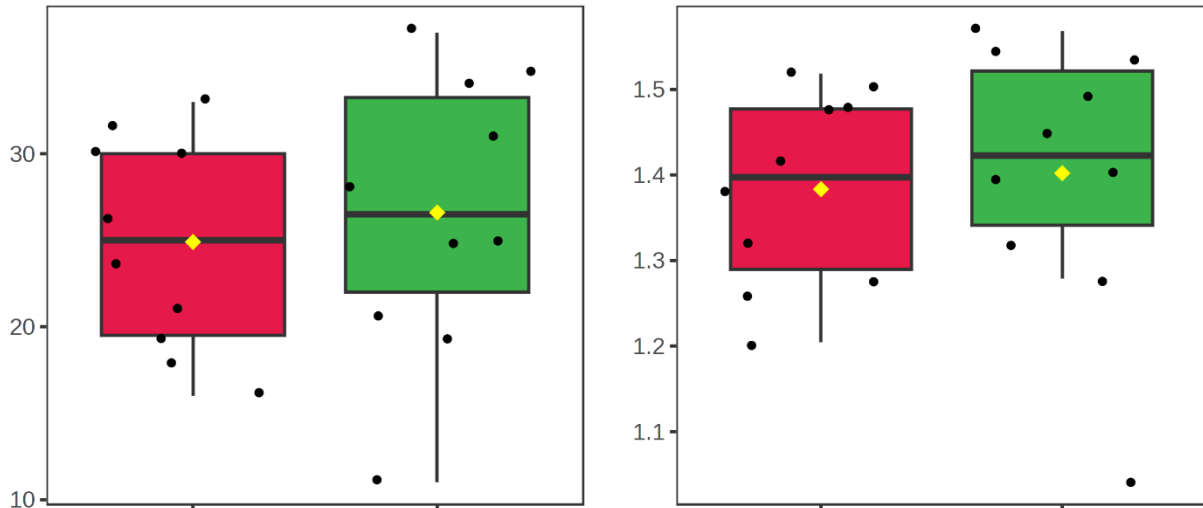
5.10 Výsledky rozdílů odporového pohybu mezi výzkumnou a kontrolní skupinou

Průměrná doba (min) během odporového cvičení (silové cvičení, funkční a proprioceptivní trénink) po dobu 9. týdnů, kdy si probandů zaznamenávali stravu a pohyb do deníčku, je 27 min. U kontrolní skupiny je 25 min.

Rozdíl mezi výzkumnou a kontrolní skupinou v odporovém tréninku není tak veliký pouze o 2 min ve prospěch výzkumné skupiny.

Dle T-testu je rozdíl mezi skupinami v odporovém cvičení statisticky nevýznamný, hodnota $p=0,76497$.

Obrázek 48 - výsledky rozdílů odporového cvičení (v min). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (odporový trénink v min), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty odporového tréninku v min, po logaritmické transformaci.



5.11 Výsledky dalších vyšetření – věk, výška, váha, rozložení dvou vah, Lysholm knee score, rozsah pohybu, svalový test dle Jandy, ladička

Tabulka 4 - výzkumná skupina a jejich jednotlivé parametry – pohlaví, OP (operovaná DK – L (levá), P (pravá)), věk (roky), výška (cm), váha (kg), dvě váhy (kg), Lysholm knee score (bodové ohodnocení). Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu v 6 T (6. týdnu) a v 15 T (15. týdnu). Hodnocení rozdílů pomocí dvou vah (4.3.6 Měření a sběr dat pomocí dvou vah), hodnocení bodového rozdílu Lysholm knee score (4.3.7 Měření a sběr dat pomocí standardizovaného dotazníku Lysholme knee score).

pohlaví	OP	věk (roky)	výška (cm)	váha (kg)	rozdíl dvě váhy (kg) 6 T		rozdíl dvě váhy (kg) 15 T		Lysholm knee score	
					L	P	L	P	6 T	15 T
muž	L	35	165	85	40	45	42	43	64	100
muž	L	38	179	78	38	40	39	39	80	105
muž	L	40	177	90	44	46	45	45	68	105
muž	L	31	183	94	41	46	42	46	53	88
muž	P	39	180	94	50	44	46	46	59	75
muž	L	28	182	80	37	43	40	40	79	85
muž	L	40	172	80	35	45	38	42	65	92
muž	L	36	182	77	35	42	37	40	75	105
žena	P	35	165	63	33	30	32	31	80	100
žena	P	38	170	62	32	30	31	31	60	84

1

¹ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií), celkem probandů n=10. V prvním sloupci je zaznamenáno pohlaví. Ve druhém sloupci jejich operovaná dolní končetina (L – levá, P – pravá), ve třetím věk, ve čtvrtém jejich výška (v cm), v pátém jejich váha (v kg), v šestém a sedmém sloupci jejich rozdíl (v kg) při vyšetření dvou vah při prvním (6 T – 6. týden) a ve druhém (15 T – 15. týden) měření (jednou DK si proband stoupne na jednu váhu, druhou DK na druhou váhu). V osmém a devátém sloupci je zaznamenán jejich výsledek (v bodech) Lysholm knee score v 6 T (6. týdnu) a 15 T (15. týdnu), které vyhodnocuje funkční vyšetřené koleno po operaci předního zkříženého vazů. U vyšetření dvou vah je akceptovatelné je 10 % z celkové hmotnosti a jeden proband má více než 10 % v 6. pooperačním týdnu. U všech probandů došlo k bodovému nárůstu mezi 6. a 15. pooperačním týdnem u Lysholm knee score.

Tabulka 5 - *kontrolní skupina a jejich jednotlivé parametry – pohlaví, OP (operovaná DK – L (levá), P (pravá)), věk (roky), výška (cm), váha (kg), dvě váhy (kg), Lysholm knee score (bodové ohodnocení) v 6 T (6. týdnu) a v 15 T (15. týdnu). Hodnocení rozdílu pomocí dvou vah (4.3.6 Měření a sběr dat pomocí dvou vah), hodnocení bodového rozdílu Lysholm knee score (4.3.7 Měření a sběr dat pomocí standardizovaného dotazníku Lysholme knee score).*

	OP	věk	výška (cm)	váha (kg)	rozdíl dvě váhy (kg) 6 T		rozdíl dvě váhy (kg) 15 T		Lysholm knee score	
					L	P	L	P	6 T	15 T
muž	P	34	182	85	46	39	42	43	22	61
žena	L	34	175	67	31	36	31	36	67	84
žena	L	28	173	75	37	38	38	38	33	89
žena	P	20	165	60	26	34	28	32	63	77
muž	L	32	181	86	43	43	44	44	74	85
muž	L	35	180	80	38	42	40	40	55	82
žena	L	40	175	66	32	34	33	33	66	84
muž	P	34	171	65	34	31	33	32	50	62
žena	L	27	167	62	27	35	29	33	45	67
žena	P	25	165	63	33	30	32	31	63	75

2

² Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením) celkem probandů n=10. V prvním sloupci je zaznamenáno pohlaví. Ve druhém sloupci jejich operovaná dolní končetina, ve třetím jejich věk (roky), ve čtvrtém jejich výška (v cm), v pátém jejich váha (v kg), v šestém a sedmém sloupci jejich rozdíl (v kg) při vyšetření dvou vah při prvním (6 T – 6. týden) a ve druhém (15 T – 15. týden) měření (jednou DK si proband stoupne na jednu váhu, druhou DK na druhou váhu). V osmém a devátém sloupci je zaznamenán jejich výsledek (v bodech) Lysholm knee score v 6 T (6. týdnu) a 15 T (15. týdnu), které vyhodnocuje funkční vyšetřené kolen po operaci předního zkříženého vazů. U vyšetření dvou vah je akceptovatelné je 10 % z celkové hmotnosti a dva probandi měli více než 10 % v 6. pooperačním týdnu. U všech probandů došlo k bodovému nárůstu mezi 6. a 15. pooperačním týdnem u Lysholm knee score.

Tabulka 6 - výzkumná skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní flexi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – flexe (FX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.

	OP	FX AP 6 T		FX AP 15 T		FX PP 6 T		FX PP 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	L	110	140	130	140	130	140	140	140
muž	L	100	140	130	140	130	140	140	140
muž	L	110	140	140	140	140	140	140	140
muž	L	120	140	140	140	140	140	140	140
muž	P	130	100	140	130	140	130	140	100
muž	L	100	130	130	130	130	140	140	140
muž	L	80	130	100	130	100	130	120	130
muž	L	110	140	130	140	130	140	140	140
žena	P	130	100	140	130	140	120	140	130
žena	P	130	90	130	110	130	110	130	130

3

³ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií), celkem probandů n=10. V prvním sloupci je zaznamenáno pohlaví a ve druhé operovaná DK. V ostatních sloupcích porovnáváme flexi v kolenním kloubu mezi 6. a 15. týdnem po operaci během aktivního a pasivního pohybu v kloubu. U všech deseti probandů byl v 6. pooperačním týdnu snížený aktivní rozsah flexe v kolenním kloubu, u dvou z nich dosahoval 80° a 90°. U deseti probandů byl zlepšený aktivní rozsah pohybu flexe v kloubu a dva dosáhli po 9. týdnech plného rozsahu flexe v kolenním kloubu. Dva probandí měli v 6. pooperačním týdnu plnou pasivní flexi v kolenním kloubu, u zbylých přetrvávala snížená. Po 9. týdnech rehabilitace mělo šest probandů plnou pasivní flexi v kolenním kloubu, u čtyřech přetrvávala snížení.

Tabulka 7 - výzkumná skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní extenzi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – extenze (EX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.

	OP	EX AP 6 T		EX AP 15 T		EX PP 6 T		EX PP 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	L	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	+5	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	+5	0	0	0	0	0	0	0
muž	P	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	+5	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	+5	0	0	0	0	0	0	0
žena	P	0	0	0	0	0	0	0	0
žena	P	0	+5	0	0	0	0	0	0

4

⁴ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií), celkem probandů n=10. V prvním sloupci je zaznamenáno pohlaví a ve druhém operovaná DK. V ostatních sloupcích porováváme extenzi v kolenním kloubu mezi 6. a 15. týdnem po operaci během aktivního a pasivního pohybu v kloubu. U pěti probandů sice v 6. pooperačním týdnu přetrvávala extenze +5°, ale na konci 15. týdne již měli probandi plnou aktivní extenzi v kloubu. Při pasivním pohybu do extenze v kolenním kloubu nebyl u žádného probanda problém ani v 6. ani v 15. pooperačním týdnu.

Tabulka 8 - výzkumná skupina (n=10) - vyšetření svalové síly v 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnu u m. quadriceps femoris (MQF) a hamstringy (HAM). Hodnocení svalové síly (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněny významné hodnoty.

	OP	MQF 6 T		HAM 6 T		MQF 15 T		HAM 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	L	4	5	4	5	5	5	5	5
muž	L	4	5	4	5	5	5	5	5
muž	L	3	5	4	5	4	5	5	5
muž	L	3	5	4	5	4	5	5	5
muž	P	5	4	5	4	5	4	5	4
muž	L	4	5	4	5	4	5	4	5
muž	L	3	4	3	5	4	5	4	5
muž	L	3	4	4	5	4	4	4	5
žena	P	5	4	5	3	5	5	5	4
žena	P	4	3	4	3	4	4	4	4

5

⁵ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií), celkem probandů n=10. V prvním sloupci vidíme rozdělení pohlaví, ve druhé operovanou DK. V ostatních sloupcích porováváme svalovou sílu mezi 6. a 15. týdnem po operaci u m. quadriceps femoris a hamstringy. Svalová síla (MQF) byla u všech deseti probandů snížena, u pěti probandů dokonce až na stupeň 3. Svalová síla (hamstringy) byla u všech deseti probandů také snížena a u třech na stupeň 3. U šesti probandů v 15. pooperačním týdnu došlo ke zlepšení svalové síly u m. quadriceps femoris o jeden stupeň, u dvou probandů se svalová síla nezměnila. U sedmi probandů v 15. pooperačním týdnu také došlo ke zlepšení svalové síly hamstringů o jeden stupeň, u třech zůstala svalová síla nezměněná.

Tabulka 9 - výzkumná skupina – vyšetření zkrácených svalů – flexorů kyčelního kloubu (FKK) a hamstringy (HAM) v 6. (6 T) a 15. (15 T) pooperačním týdnu. Hodnocení zkrácených svalů (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněné rozdílové hodnoty mezi prvním a posledním měřením.

	OP	FKK 6 T		HAM 6 T		FKK 15 T		HAM 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	L	0	0	1	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	2	1	0	0	1	0
muž	L	2	0	1	0	1	0	0	0
muž	L	2	0	1	0	1	0	0	0
muž	P	0	1	0	1	0	1	0	0
muž	L	0	0	2	1	0	0	1	1
muž	L	2	0	1	1	0	0	1	0
muž	L	2	0	1	0	0	0	0	0
žena	P	0	0	1	1	0	0	0	0
žena	P	1	2	0	1	1	1	0	1

6

⁶ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií), celkem probandů n=10. V prvním sloupci vidíme rozdělení pohlaví, ve druhé operovanou DK. V ostatních sloupcích porovnáváme zkrácení svalových skupin mezi 6. a 15. týdnem po operaci u hamstringů a flexorů kyčelního kloubu. U flexorů v kyčelním kloubu čtyři probandů neměli ani v 6. ani v 15. týdnu zkrácení, u čtyřech došlo ke zlepšení ve zkrácení svalových skupin a u dvou přetrvávalo i po 9. týdnech rehabilitace zkrácení. U sedmi probandů došlo ke zlepšení ve zkrácení hamstringů a u třech přetrvávalo zkrácení i po 9. týdnech.

Tabulka 10 – kontrolní skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní flexi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – flexe (FX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.

	OP	FX AP 6 T		FX AP 15 T		FX PP 6 T		FX PP 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	P	140	110	140	130	140	130	140	130
muž	L	90	140	120	140	120	140	140	140
muž	L	90	130	110	140	120	140	130	140
muž	P	140	110	140	130	140	140	140	140
muž	L	115	140	130	140	140	140	140	140
muž	L	110	130	140	140	130	140	140	140
muž	L	90	140	120	140	130	140	130	140
muž	P	140	120	140	140	140	140	140	140
žena	L	100	140	130	140	130	140	140	140
žena	P	140	120	140	140	140	140	140	140

7

Tabulka 11 – kontrolní skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní extenzi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – extenze (EX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.

	OP	EX AP 6 T		EX AP 15 T		EX PP 6 T		EX PP 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	P	0	+5	0	0	0	0	0	0
muž	L	+5	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	P	0	+5	0	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	0	0	0	0	0	0
muž	L	+5	0	0	0	0	0	0	0
muž	P	0	0	0	0	0	0	0	0
žena	L	0	0	0	0	0	0	0	0
žena	P	0	0	0	0	0	0	0	0

8

Tabulka 12 - *kontrolní skupina* (n=10) - vyšetření zkrácených svalů – flexorů kyčelního kloubu (FKK) a hamstringy (HAM) v 6. (6 T) a 15. (15 T) pooperačním týdnu. Hodnocení zkrácených svalů (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněné rozdílové hodnoty mezi prvním a posledním měřením.

	OP	FKK 6 T		HAM 6 T		FKK 15 T		HAM 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	P	0	2	0	1	0	1	0	0
žena	L	2	0	2	0	1	0	1	0
žena	L	1	0	2	0	0	0	1	0
žena	P	0	2	0	1	0	1	0	0
muž	L	0	0	1	0	0	0	0	0
muž	L	0	0	1	1	0	0	0	1
žena	L	2	1	1	1	1	0	1	0
muž	P	0	0	0	1	0	0	0	0
žena	L	0	1	1	0	0	1	0	0
žena	P	0	1	1	1	0	0	1	0

9

⁷ Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením) celkem probandů n=10. V prvním sloupci je zaznamenáno pohlaví a ve druhé operovaná DK. V ostatních sloupcích porovnáme flexi v kolenním kloubu mezi 6. a 15. týdnem po operaci během aktivního a pasivního pohybu v kloubu. U všech deseti probandů byl v 6. pooperačním týdnu snížený aktivní rozsah flexe v kolenním kloubu, u třech z nich dosahoval 90°. U sedmi probandů byl zlepšený aktivní rozsah pohybu flexe v kloubu a tři dosáhli po 9. týdnech plného rozsahu flexe v kolenním kloubu. Čtyři probandi měli v 6. i 15. pooperačním týdnu plný pasivní rozsah v kolenním kloubu ve flexi, u šesti z nich došlo ke zlepšení v porovnání mezi 6. a 15. pooperačním týdnem.

⁸ Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením), celkem probandů n=10. V prvním sloupci je zaznamenáno pohlaví a ve druhém operovaná DK. V ostatních sloupcích porovnáme extenzi v kolenním kloubu mezi 6. a 15. týdnem po operaci během aktivního a pasivního pohybu v kloubu. U čtyřech probandů přetrvávala v 6. pooperačním týdnu extenze +5°, ale na konci 15. týdne již měli probandi plnou aktivní extenzi v kloubu. Při pasivním pohybu do extenze v kolenním kloubu nebyl u žádného probanda problém ani v 6. ani v 15. pooperačním týdnu.

⁹ Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením) celkem probandů n=10. V prvním sloupci vidíme rozdělení pohlaví, ve druhé operovanou DK. V ostatních sloupcích porovnáme zkrácení svalových skupin mezi 6. a 15. týdnem po operaci u hamstringů a flexorů kyčelního kloubu. U flexorů v kyčelním kloubu pouze tři probandi neměli v 6. pooperačním týdnu zkrácení, u pěti probandů přetrvávalo zkrácení i v 15. pooperačním týdnu. U všech deseti probandů bylo v 6. pooperačním týdnu zkrácení u hamstringů, po 9. týdnech rehabilitace přetrvávalo zkrácení pouze u čtyřech z nich.

Tabulka 13 - kontrolní skupina – vyšetření svalové síly v 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnu u m. quadriceps femoris (MQF) a hamstringy (HAM). Hodnocení svalové síly (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněné rozdílové hodnoty mezi prvním a posledním měřením.

	OP	MQF 6 T		HAM 6 T		MQF 15 T		HAM 15 T	
		L	P	L	P	L	P	L	P
muž	P	4	3	5	4	5	4	5	5
muž	L	3	4	3	4	4	5	4	5
muž	L	3	4	3	5	4	5	4	5
muž	P	5	4	5	3	5	4	5	4
muž	L	4	5	4	5	4	5	4	5
muž	L	4	5	4	5	4	5	4	5
muž	L	3	4	3	5	4	5	4	5
muž	P	5	4	5	4	5	5	5	4
žena	L	3	5	4	5	4	5	4	5
žena	P	5	4	5	4	5	5	5	5

¹⁰

¹⁰ Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením) celkem probandů n=10. V prvním sloupci vidíme rozdělení pohlaví, ve druhé operovanou DK. V ostatních sloupcích porovnáme svalovou sílu mezi 6. a 15. týdnem po operaci u m. quadriceps femoris a hamstringy. Svalová síla (MQF) byla u šesti probandů snížena, u pěti probandů dokonce až na stupeň 3. Svalová síla (hamstringy) byla u všech deseti probandů také snížena a u čtyřech z nich na stupeň 3. U osmi probandů v 15. pooperačním týdnu došlo ke zlepšení svalové síly u m. quadriceps femoris o jeden stupeň, u dvou probandů dosáhla svalová síla stupně 5. U čtyřech probandů v 15. pooperačním týdnu také došlo ke zlepšení svalové síly hamstringů o jeden stupeň, u dvou došlo k plné svalové síle (stupeň 5) a u čtyřech se svalová síla nezměnila.

Tabulka 14 - výzkumná skupina – vyšetření a hodnocení hluboké citlivosti (vibračního čítí) pomocí neurologické ladičky. Hodnocení vibračního čítí (4.3.8 Měření a sběr dat pomocí nekalibrované ladičky). Pod červenou barvou jsou zvýrazněné rozdílové významné hodnoty.

	OP	Ladička 6 T		Ladička 15 T	
		L	P	L	P
muž	L	2	8	4	8
muž	L	2	8	4	8
muž	L	2	8	4	8
muž	L	2	8	4	8
muž	P	6	2	6	4
muž	L	2	8	4	8
muž	L	2	8	4	8
muž	L	4	8	6	8
žena	P	8	4	8	6
žena	P	8	2	8	4

11

¹¹ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií). V prvním sloupci je rozdělení pohlaví (n=10) a ve druhém operovaná DK. Ve třetím (v 6. týdnu) a ve čtvrtém (v 15. týdnu) sloupci vyšetření neurologickou ladičkou. Ladička byla přiložená v oblasti patelární a na obě DK. V 6. pooperačním týdnu můžeme vidět snížení hlubokého čítí u všech probandů (hodnota 2), u dvou z nich byl nepatrně vyšší výsledek (hodnota 4). V 15. pooperačním týdnu došlo ke zvýšení hodnot (na 4) u osmi probandů, u dvou z nich na hodnotu 6.

Tabulka 15 - *kontrolní skupina* – vyšetření a hodnocení pomocí neurologické ladičky hluboká citlivost (vibrační cití). Hodnocení vibračního cití (4.3.8 Měření a sběr dat pomocí nekalibrované ladičky). Pod červenou barvou jsou zvýrazněné rozdílové významné hodnoty.

	OP	Ladička 6 T		Ladička 15 T	
		L	P	L	P
muž	P	8	2	8	4
žena	L	2	8	4	8
žena	L	2	8	4	8
žena	P	6	4	8	6
muž	L	2	8	4	6
muž	L	4	6	6	8
žena	L	2	8	4	8
muž	P	8	4	8	6
žena	L	2	8	4	8
žena	P	6	2	8	4

12

¹² Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením). V prvním sloupci je rozdělení pohlaví (n=10) a ve druhém operovaná DK. Ve třetím (v 6. týdnu) a ve čtvrtém (v 15. týdnu) sloupci vyšetření neurologickou ladičkou. Ladička byla přiložená v oblasti patelární a na obě DK. V 6. pooperačním týdnu můžeme vidět snížení hlubokého cití u všech probandů (hodnota 2), u třech z nich byl nepatrně vyšší výsledek (hodnota 4). V 15. pooperačním týdnu došlo ke zvýšení hodnot (na 4) u sedmi probandů, u třech z nich na hodnotu 6.

Tabulka 16 - výzkumná skupina – vyšetření diagnostickou muskuloskeletální ultrasonografií. Červená barva označuje významné hodnoty – ANO – znamená přítomnost tekutiny v kolenním kloubu, NE – znamená nepřítomnost tekutiny v kolenním kloubu v 6. (6 T) a v 15. (15 T) pooperačním týdnu.

	OP	ultrasonografie 6 T		ultrasonografie 15 T	
		L	P	L	P
muž	L	ANO	NE	ANO	NE
muž	L	ANO	NE	NE	NE
muž	L	ANO	NE	NE	NE
muž	L	ANO	NE	NE	NE
muž	P	NE	ANO	NE	NE
muž	L	ANO	NE	NE	NE
muž	L	ANO	NE	ANO	NE
muž	L	ANO	NE	ANO	NE
žena	P	NE	ANO	NE	ANO
žena	P	NE	ANO	NE	ANO

13

¹³ Výzkumná skupina (skupina s individuální fyzioterapií). V prvním sloupci je rozdělení pohlaví (n=10) a ve druhém operovaná DK. Ve třetím (v 6. týdnu) a ve čtvrtém (v 15. týdnu) sloupci vyšetření neurologickou ladičkou. Výsledek ANO značí o přítomnosti tekutiny v kloubu, výsledek NE značí o nepřítomnosti tekutiny v kloubu. V 6. pooperačním týdnu mělo všech deset probandů tekutinu v kolenního kloubu. V 15. pooperačním týdnu byla stále přítomná tekutina u pěti probandů, a u pěti ne.

Tabulka 17 - kontrolní skupina – vyšetření diagnostickou muskuloskeletální ultrasonografií. Červená barva označuje významné hodnoty – ANO – znamená přítomnost tekutiny v kolenním kloubu, NE – znamená nepřítomnost tekutiny v kolenním kloubu v 6. (6 T) a v 15. (15 T) pooperačním týdnu.

	OP	ultrasonografie 6 T		ultrasonografie 15 T	
		L	P	L	P
muž	P	NE	ANO	NE	ANO
žena	L	ANO	NE	NE	NE
žena	L	ANO	NE	ANO	NE
žena	P	NE	ANO	NE	ANO
muž	L	ANO	NE	NE	NE
muž	L	ANO	NE	ANO	NE
žena	L	ANO	NE	ANO	NE
muž	P	NE	ANO	NE	ANO
žena	L	ANO	NE	ANO	NE
žena	P	NE	ANO	NE	NE

14

¹⁴ Kontrolní skupina (skupina se skupinovým cvičením). V prvním sloupci je rozdělení pohlaví (n=10) a ve druhém operovaná DK. Ve třetím (v 6. týdnu) a ve čtvrtém (v 15. týdnu) sloupci vyšetření neurologickou ladičkou. Výsledek ANO značí o přítomnosti tekutiny v kloubu, výsledek NE značí o nepřítomnosti tekutiny v kloubu. V 6. pooperačním týdnu mělo všech deset probandů tekutinu v kolenního kloubu. V 15. pooperačním týdnu byla stále přítomná tekutina u sedmi probandů, a u třech ne.

6 DISKUZE

Poranění předního zkříženého vazů (LCA) je jedním z nejčastějších poranění kolene, která vyžaduje chirurgický zákrok (Gianotti, 2009). Například ve Spojených státech Amerických je provedeno přes 175 000 rekonstrukcí LCA ročně (Mall, 2014).

Jelikož k poranění předního zkříženého vazů dochází zejména při sportovních aktivitách, je to důvod, proč pacienti volí rekonstrukční operace (Neuman, 2008).

Kromě toho studie dále odhalily, že dochází ke zvýšenému počtu rekonstrukcí předního zkříženého vazů proto, že je to slibná cesta k návratu sportovců ke sportu, kterému se věnovali před zraněním (Werner, 2018; Dekker, 2017).

Poraněním vzniká porucha na úrovni jak morfologické, tak funkční. Po operačním řešení dochází k atrofii svalů, která je důsledkem snížení svalového objemu. Měla by být zařazena již předoperační rehabilitace právě z důvodu snížení pooperační atrofie a rychlejšího návratu k běžným denním činnostem, včetně rekreačního či vrcholového sportu.

Často potřebují pacienti absolvovat rehabilitace po dobu několika měsíců, aby se obnovila funkce kolene a fyzická aktivita (Cavanaugh, 2017).

Pooperační léčba se v posledních deseti až patnácti letech dost vyvinula od šestitýdenní sádrové imobilizace až k časné mobilizaci a nesení zátěže, což může být důsledkem lepších výsledků rekonstrukce LCA (Brandsson, 2000).

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv nově navržené, cílené fyzioterapeutické intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů ve vztahu ke svalovému objemu stehna.

Ze tří hypotéz, které byly stanovené, se potvrdila pouze jedna a dvě byly vyvráceny.

První hypotéza, kde jsem předpokládala, že již po tříměsíční fyzioterapeutické intervenci dojde u pacientů po operaci předního zkříženého vazů k nárůstu svalového objemu stehna hodnoceného 3D skenerem a to jak u pacientů s individuální, tak skupinovou terapií, se nepotvrdila.

Druhá hypotéza, kde jsem předpokládala, že fyzioterapeutická intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů zahrnující individuální fyzioterapie povede k rychlejšímu návratu svalového objemu stehna než u pacientů s intervencemi zahrnujícími pouze skupinové fyzioterapie, se také nepotvrdila.

Ale třetí, poslední hypotéza, kde jsem předpokládala, že fyzioterapeutická intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů jak s individuální, tak skupinovou terapií povede k bodovému nárůstu Lysholm knee score, se potvrdila.

6.1 Diskuze k hypotéze č. 1

Jak již bylo zmíněno výše, tato hypotéza se nepotvrdila. Příčinou může být fakt, že u jednotlivých probandů výzkumné skupiny sice došlo k nárůstu svalového objemu stehna mezi prvním a druhým měřením u operované dolní končetiny (n=8), u neoperované dolní končetiny (n=7), ale u kontrolní skupiny došlo u jednotlivých probandů i ke snížení svalového objemu stehna, u operované dolní končetiny (n=3), u neoperované dolní končetiny (n=7) anebo byl svalový nárůst objemu stehna velmi nízký. Záporné hodnoty mohly ovlivnit statistikou významnost, i když v porovnání mezi jednotlivými objemy došlo k jejich změnám, ať už kladných nebo záporných hodnot. Zároveň u výzkumné skupiny jednotlivých probandů došlo jak ke svalovému nárůstu objemu stehna u operované dolní končetiny, tak i u neoperované, tudíž se svalové objemy stehna za devět týdnů terapie nevyrovnaly. Může to být způsobené i tím, že probandi cvičili s oběma dolními končetinami (operovanou a neoperovanou). Vliv na změnu svalové hmoty nemá jen cvičení, ale i ostatní faktory jako pohlaví, věk, genetika, výživa, motivace k pohybu, případná přítomnost tekutiny v kolenním kloubu. Je pravděpodobné, že probandi ve výzkumné skupině byli více důslední během devíti týdnů než probandi v kontrolní skupině. Důsledkem může být jejich větší kontrola, neboť se mnou několikrát konzultovali jejich deničky, kam si zaznamenávali jejich každodenní pohyb a stravu.

Pooperační svalovou ztrátou u m. quadriceps femoris se zabývala následující studie, *The course of knee extensor strength after total knee arthroplasty: a systematic review with meta-analysis and-regression* (Singla, 2023). Rešeršní studie, která prověřila přes tisíc studií a po uplatnění kritérií bylo porovnáno dvacet studií. Hodnotilo se měření svalové síly m. quadriceps femoris po endoprotézách kolen s odstupem času, před operací, ve třech, šesti a dvanácti měsících. Výsledkem bylo, že po třech měsících po operaci je stále operovaná dolní končetina slabší než ta zdravá. Srovnáním třetího a šestého měsíce bylo hlášené zlepšení svalové síly operované dolní končetiny v šestém měsíci po operaci. Ale co se týče porovnání operované a neoperované dolní končetiny s ohledem na svalovou sílu tak zde byly srovnatelné výsledky až po jednom roce od operace.

Zajímavá je následující studie, která se snažila posoudit efektivitu vizuálního tréninku po artroskopii kolene s ohledem na zvýšení flexe kolenního kloubu, snížení bolesti po operaci a zvýšení svalové hmoty m. quadriceps femoris. Celkem se studie zúčastnilo deset probandů s průměrným věkem 35 let. Byli rozděleni na dvě skupiny, kontrolní skupina měla fyzioterapeutická cvičení a fyzikální léčbu a výzkumná měla kromě toho zařazený navíc

vizuální trénink. Měření probíhalo celkem třikrát, v prvním dni, v šestém a patnáctém dni. Měřené byly obvody dolních končetin v 6 a 10 centimetrech nad česčkou. Výsledky poukázaly na to, že výzkumná skupina bez ohledu na čas měla pozitivní výsledky ve zvýšené flexi kolenního kloubu než u druhé skupiny a pocítovala také menší bolestivost kolene. Vědci konstatovali, že díky vizuálnímu tréninku s postupem času byl pozorován lineární nárůst obvodu končetiny (Wilczyńska, 2015).

Svalový nárůst v závislosti na pohybu potvrzuje i studie, *Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis* (Schoenfeld, 2016), která udává, že minimální frekvence pro svalový nárůst je cvičení alespoň dvakrát týdně než jednou.

Výsledky studie, *Quadriceps muscle size following ACL injury and reconstruction: a systematic review* (Birchmeier, 2019), která porovnávala jednotlivé články během online vyhledávání v databázích, ukazují, že po poranění LCA může dojít ke snížení svalového objemu a průřezu m. quadriceps femoris a může přerušovat i po dokončení rehabilitací. Navíc studie poukázala na důležitost odporového a izometrického tréninku se zátěží více než 70 % maxima jednoho opakování. Tréninky mohou zlepšit jak sílu m. quadriceps femoris, tak tloušťku svalu a penanční úhel po rekonstrukci LCA (Hughes, 2019). Aby docházelo ke zlepšování síly m. quadriceps femoris a jeho kvalitě, je důležitý odporový trénink při dostatečný zátěži (Birchmeier, 2016).

Studie, *Human muscle strenght training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes* (Jones, 1987), se zabývala změnou svalové síly a velikosti m. quadriceps femoris v závislosti na odporovém a izometrickém tréninku během dvanácti týdnů. Izometrický trénink trénované nohy vedl ke zvýšení svalové síly přibližně o 19 % u šesti probandů, netrénovaná kontralaterální končetina byla beze změn. Plocha průřezu m. quadriceps femoris byla měřená pomocí rentgenové počítačové tomografie (CT) do poloviny stehna před a po tréninku. Zvětšení plochy přibližně o 4,6 % u šesti probandů nekorelovalo s nárůstem svalové síly. Svalová síla během excentrického tréninku byla o 45 % vyšší než u izometrického. Po obou formách tréninku byly změny ve svalové síly a průřezu svalu. Excentrické cvičení zvýšilo izometrickou sílu přibližně o 11 % a koncentrický trénink přibližně o 15 %. V obou případech došlo k změnám průřezu svalu o 5 %. Výsledkem studie bylo, že v prvních dvanácti týdnech dochází ke změnám svalové síly svalu na jednotku plochy průřezu svalu.

Změnu svalového objemu potvrzuje i studie, která porovnávala artroskopické výkony s otevřenými operacemi kolen. Artroskopické operace měly pouze 25-38 % ztrátu obvodu stehna. Do sedmého dne po operaci (do té doby byli pacienti imobilní bez cvičení) měla

skupina, která prodělala otevřenou operaci kolene, ztrátu na objemu 4 cm ve srovnání se skupinou po artroskopii (1 cm). V jednadvacátý den po operaci měli všichni, kteří podstoupili otevřenou operaci kolene, ztrátu na obvodu stehna v průměru 6, 5 cm ve srovnání s artroskopickou operací (2-3, 5 cm). Zároveň bylo potvrzené, že raná rehabilitace po operaci nemá žádný vliv na pooperační komplikace, ve smyslu zvýšení otoku měkkých tkání, kloubního výpotku, kloubního krvácení. Jedna skupina zahájila pooperační rehabilitace druhý pooperační den (raná rehabilitace), druhá skupina až v sedmý pooperační den (Noyes, 1987).

To, že svalová síla je závislá na svalovém objemu potvrdila studie, *Not only muscle mass but also muscle quality is associated with knee extension muscle strength in patients with hip fractures* (Umehara, 2023). Celkem se studie účastnilo devadesát probandů s věkem 65 let a starší. Izometrická svalová síla dolních končetin byla měřená ručním dynamometrem po šesti měsících od operace. Složení těla bylo hodnoceno více frekvenční bioelektrické impedanční analýzy. Bohužel se tato analýza nemůže zaměřit na jednotlivé svaly, a pro to byly hodnocené celé svalové skupiny dolních končetin. Dále se nedal změřit pooperační otok, proto studie může nadhodnocovat svalovou hmotu právě kvůli již zmíněnému pooperačnímu otoku. U probandů byl výrazný pokles izometrické extenzní svalové síly kolene jak u operované, tak u neoperované dolní končetině, který byl spojen nejen s poklesem hmoty kosterního svalstva, ale také s kvalitou svalů (hodnocení intramuskulárního tuku).

6.2 Diskuze k hypotéze č.2

Druhá hypotéza se také nepotvrdila. Vedle hodnocení změn ve svalovém objemu byla provedena u obou skupin probandů také analýza dalších faktorů, které mohou mít vliv na svalový objem. Jednalo se o příjem bílkovin, potřebná denní energie, aerobní a odporový trénink.

Příjem bílkovin vyšel jako jediný statisticky významný. Rozdíl mezi skupinami byl až 17 g pro prospěch výzkumné skupiny, která měla individuální přístup.

Navíc jsem srovnávala průměrný příjem bílkovin za devět týdnů u jednotlivých probandů, kteří zaznamenávali do svých deníčků během pozorování s jejich denní potřebou příjmu bílkovin na základě stanoveného vzorce (viz kapitola 4.3.9 Měření sběr dat za účelem zhodnocení příjmu jednotlivých živin). Výsledkem bylo, že nikdo z jednotlivých probandů se nepřiblížil svým denním příjmem bílkovin na hodnotu, kterou měli mít na základě jejich stanovených parametrů (věk, pohlaví, výška, váha).

Také jsem přepočítávala u jednotlivých probandů denní potřebnou energii v kcal. Porovnávala jsem jí s jejich zaznamenanou průměrnou energetickou potřebou (kcal) z jejich jídelníčků za devět týdnů. Opět nikdo nedosáhl svými zaznamenanými hodnotami těm, které měl získat na základě nutričního výpočtu (viz kapitola 4.3.9 Měření sběr dat za účelem zhodnocení příjmu jednotlivých živin). V porovnání výzkumné a kontrolní skupiny energetického příjmu byla hypotéza statisticky nevýznamná.

Odporový a aerobní trénink v porovnání mezi skupinami vyšel statisticky nevýznamný.

Průměrná doba (v min) aerobního tréninku (chůze, kolo, rotoped, plavání), který si jednotlivý probandi zaznamenávali do svých deníčků po dobu devíti týdnů byl u obou skupiny (výzkumné a kontrolní) byla rozdílná. U výzkumné skupiny to bylo 56 min, u kontrolní 25 min. Vyvrácení hypotézy může být i tím, že u výzkumné skupiny byl jeden proband, který měl několikanásobně převyšující hodnoty než ostatní jedinci.

Odporový trénink (silové cvičení, funkční a proprioceptivní trénink), kteří si jednotlivý probandi zaznamenávali do svých deníčků během devíti týdnů, byl zaznamenán v minutách stráveného denním cvičením. Rozdíl mezi skupinami byl pouze 2 min, proto hypotéza se statisticky nepotvrdila. Tento záznam nemusí být vypovídající z důvodu toho, že probandi si do svých deníčků nezaznamenávali počty opakování jednotlivých cviků, ale pouze časy jednotlivých sad cvičení.

Dalším důležitým faktorem k ovlivnění svalové hmoty a síly je pohlaví a věk.

Studie, *longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity and health* (Hughes, 2001) zkoumala podélné změny izokinetické síly u svalů (extenzorů a flexorů) lokte a kolen u dohromady 120 probandů ve věkovém rozmezí 46-78 let. Znovu vyšetřeni byli po plus minus 9,7 letech. Byl zaznamenán pokles izokinetické síly v průměru 14 % za dekádu u extenzorů kolene, 16 % za dekádu flexorů lokte u mužů a žen. Ženy vykazovaly pomalejší pokles extenzorů a flexorů lokte (2 % za dekádu) než muži (12 % za dekádu). Starší probandi vykazovali větší míru poklesu svalové síly. Udržováním nebo zvyšováním fyzické aktivity zmírňuje nebo zabraňuje pokles síly s věkem.

Genetické predispozice spojené s poklesem svalové síly. Interleukin-6, kódovaný *IL6*, je pleiotropní cytokin, s klíčovou rolí v apoptóze. Studie, *Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels* (Ferrucci, 2002), testovala, u dvaceti šesti starších žen, zda akcelerovaná sarkopenie s vysokými hladinami interleukinu-6 hraje roli v asociaci mezi zánětem a invaliditou. Výsledkem bylo, že ženy, které mají vysokou hladinu Interleukinu-6 v séru mají vyšší riziko

rozvoje tělesného postižení a mají strmější pokles schopnosti chůze než ženy s nižšími hladinami. Toto tvrzení je paralelní i s poklesem svalové síly.

Imobilizace dolní končetiny, která nastává po operaci předního zkříženého vazů vede ke snížení svalové síly a atrofii svalů. Potvrzuje to studie, *Effect of short-term unweighting on human skeletal muscle strength and size* (Adams, 1994), která zkoumala krátkodobé odlehčení (konkrétně 16denní) v závislosti na svalovou sílu a velikost svalových skupin dolních končetin. Dohromady se účastnilo experimentu deset mužů, kteří k odlehčení dolní končetiny dostali berle a na pravé noze měli botu s deseti centimetrovou podrážkou. Výsledkem byla snížená plocha průřezu levého m. quadriceps femoris, oproti pravému, kde nebyla vykázána žádná změna. Hamstringy nevykazovaly žádnou změnu v průměrné ploše průřezu. Imobilizace neměla žádný vliv na rychlost nebo typ svalové kontrakce (excentrické, koncentrické, izometrické).

6.3 Diskuze k hypotéze č.3

Tato hypotéza, kterou jsem si stanovila se potvrdila. Jak u výzkumné skupiny, kde došlo během devíti týdnů k navýšení skóre z průměrného skóre 68 v šestém týdnu po operaci na průměrných 99 v patnáctém týdnu po operaci. Kontrolní skupina měla při první návštěvě průměrné skóre 54, během poslední návštěvy 77. Žádný proband neměl stejné skóre s jiným.

Dotazník se používá při funkčním hodnocení kolen po operacích, potvrzuje to i studie, *The Outcomes of Two Knee Scoring Questionnaires in a Normal Population* (Demirdjian, 1998). Ve studii bylo kromě Lysholm knee score zařazen dotazník Noyes celkem u 418 kolen. Průměrné skóre Lysholm knee score u mužů bylo 99, u žen 97. Sportovkyně v obou hodnocení měly nižší skóre než sportovci.

Ve studii, *A comparison of telephone interview versus on-site completion of Lysholm knee score in patients who underwent arthroscopic ACL reconstruction: are the results equivalent?* (Kose, 2015), porovnávali celkem u 100 probandů po operaci předního zkříženého vazů možnost interpretace Lysholm knee score. První interpretací bylo telefonické vyplnění dotazníku. Druhou interpretací bylo osobní setkání v nemocnici po dvou týdnech od té první. Výsledky poukázaly na spolehlivost při zpracování dotazníku během telefonického rozhovoru. Poskytl stejné výsledky jako při osobním setkání.

Je řada studií, která se zabývá validitou a realibilitou Lysholm knee score (Briggs, 2006; Adhitya, 2023; Paxton, 2003; Kocher, 2004; Celik, 2013).

Dotazník se skládá celkově z osmi otázek. Celkem jsme ho s probandi vyplňovali dvakrát, prvně se vztahoval k funkčnímu stavu kolene před operací, tudíž jak se dolní končetina chovala po poranění LCA. Podruhé jsme ho vyplňovali při poslední návštěvě a hodnotil dolní končetinu po patnácti týdenní fyzioterapeutické intervenci.

První otázka se zabývá tím, zda proband kulhá. Na výběr měli probandi tři odpovědi a v závorce je bodové ohodnocení každé otázky – nekulhá (5), lehce a občas (3), výrazně a stále (0). Z dvaceti probandů jich osm odpovědělo, že nekulhá (40 %), devět z nich (45 %), že kulhá stále a tři z nich lehce a občas (15 %). V porovnání s patnáctým týdnem se výrazně výsledky zlepšily zejména u probandů, kteří po poranění kulhali a nyní nekulhají (60 %) a pouze jeden proband stále kulhá (5 %). 35 % kulhá lehce a občas, ale tito probandi uvedli, že kulhají zejména po delším statickém sezení, kdy pocítují, že operovaná noha je tuhá a trvá jim déle to „rozchodit“.

Druhá otázka se týkala zatížení dolní končetiny po poranění. Na výběr bylo opět ze tří odpovědí – plné zatížení (5), s oporou (3), nelze bez opory (0). Celkem jednoznačně, 80 % z celkových dvaceti probandů, odpovědělo, že dolní končetinu plně zatěžovali. Zbylých dvacet procent odpovědělo, že pro zatížení dolní končetiny používalo oporu. V porovnání s patnáctým týdnem probandi již nevyužívají žádnou oporu (například francouzské berle) a mají plné zatížení kolene (100 %).

Na třetí otázku měli probandi odpovědět, zda jim dělá problém chůze do schodů. Na výběr měli celkem ze čtyř odpovědí – bez potíží (10), jen lehké potíže (6), jen po jednom schodu (2), obtížná (0). Jedenáct z celkových dvaceti odpovědělo, že nemělo žádné obtíže při chůzi do schodů (55 %). Pro čtyři z nich byla chůze obtížná (20 %), pro tři chůze do schodů představovala jen lehké obtíže (15 %), a dva (10 %) využívali při chůzi do schodů mechanismus chůze po jednom schodu. V patnáctém týdnu nemělo 65 % problémy s chůzí do schodů, u zbylých 35 % přetrvávala chůze do schodů lehké obtíže.

Čtvrtá otázka se týkala dřepu, zda je vůbec proband schopný, ho provést. Na výběr bylo opět ze čtyř odpovědí – bez problémů (5), lehké omezení (4), nemožný nad 90 stupňů (2), nemožný (0). 50 % probandů nemělo při dřepu problémy. 30 % z nich ale zaznamenalo lehké omezení při dřepu. A po 10 % měli probandi problémy jak nad 90 stupňů dřep provést, tak pro ně byl dřep nemožný. V patnáctém týdnu 60 % probandů nemělo při dřepu žádné problémy a 40 % mělo lehké omezení během dřepu.

Další otázka se týkala nestability kolenního kloubu. Na výběr měli probandi z šesti otázek – plně stabilní kloub (30), zřídka při sportu/námaze (25), často-sport nemožný (20), při běžných aktivitách-zřídka (10), při běžných aktivitách-často (5), při každém kroku (0). 35 %

z celkových dvaceti probandů odpovědělo, že nemělo žádný problém a kolenní kloub pociťovali jako plně stabilní. Ale 30 % mělo již zřídka problém při sportu/námaze se stabilitou kolene a 20 % mělo častý problém se stabilitou bez možnosti vykonávat sport. 15 % probandů mělo problémy zřídka při běžných aktivitách. V patnáctém týdnu 75 % uvedlo, že má plně stabilní kloub, 25 % pociťují zřídka při námaze nestabilitu kloubu.

Šestá otázka byla zaměřená na bolestivost kolenního kloubu. Dohromady bylo na výběr ze sedmi otázek – bez bolesti (30), lehké bolesti při velké námaze (25), bolesti jen při vypadnutí kolena (20), bolesti při velké námaze (15), bolesti při nebo po chůzi 2 km a více (10), bolesti při nebo po chůzi do 2 km (5), trvalá bolest (0). Nejčastější odpovědi byly lehké bolesti při velké námaze (30 %) a 25 % bez bolesti a 20 % bolesti při velké námaze. Po 10 % zaznamenali svou odpověď – bolesti při vypadnutí kolene a při chůzi do 2 km. V patnáctém týdnu bylo 45 % bez bolesti kolenního kloubu. U 30 % přetrvávají lehké bolesti při velké námaze, u 20 % bolesti při velké námaze. Jedna respondentka (5 %) uvedla bolesti při chůzi po dvou a více kilometrech.

Předposlední otázka se týkala otoku kolenního kloubu. Na výběr bylo z pěti otázek – bez otoku (10), pouze při vypadnutí kolene (7), jen při a po námaze (5), při běžných aktivitách (2), trvale (0). Shodně byla odpověď bez otoku (40 %) a trvalý otok kloubu (40 %). Zbýlých 20 % vyplnilo otok pouze při a po námaze. V patnáctém týdnu nejčastější odpovědí bylo, že otok přetrvává při námaze (45 %). 35 % probandů je bez otoku. A čtyři probandu uvedli (20 %), že otok u nich přetrvává trvale.

Poslední, osmá otázka, se týkala obvodu stehna 15 cm nad patelou. V tomto případě se obvod měřil krejčovským metrem. Měření probíhalo před operací v ortopedické ambulanci a data byla zaznamenána do počítače jako součást předoperačního vyšetření. Celkem byly tři odpovědi – bez rozdílu (5), do 2 cm (3), nad 2 cm (0). U 35 % z celkových dvaceti probandů vyšel obvod stehna s druhou neoperovanou dolní končetinou v rozdílu nad dva centimetry. U 40 % bez rozdílu a u 25 % s rozdílem do dvou centimetrů. V patnáctém týdnu u 45 % přetrvával obvod do dvou centimetrů a také bylo 45 % bez otoku. Zbýlých 10 % mělo obvod nad dva centimetry.

Vrátila bych se k předposlední otázce týkající se otoků. Otok byl zaznamenán do dotazníku prvně z předoperačního vyšetření. Poté jsem v rámci výzkumu zařadila muskuloskeletální ultrasonografie právě na zjištění pooperačních otoků kolenního kloubu. Vyšetření probíhalo při prvním návštěvě (6 týdnů po operaci), tak při té poslední (15 týdnů po operaci). Po šesti týdnech po operaci byla u všech probandů (n=20) přítomná tekutina v oblasti suprapatelární a na vnitřní straně kolene. V patnáctém týdnu, kdy byla poslední

terapie a kontrolní měření, u 12 pacientů přetrvával otok. U pěti z nich na vnitřní straně kolene a u zbylých sedmi v oblasti suprapatelárním.

Pooperační otoky mají vliv na správné zapojení a posílení m. quadriceps femoris, to potvrzuje řada studií (Kris Jensen, 1993; McNair, 1996; Rice, 2008).

Kryoterapie je jednou z možností, která funguje po operaci předního zkříženého vazů jak na snížení teplot, tak na snížení pooperačních otoků (Glenn, 2004; Cohn, 1989; Ohkoshi, 1999).

Přední zkřížený vaz může být poraněný buď izolovaně anebo i s dalším poraněním měkkých tkání. Například studie, *Anterior Cruciate Ligament Injuries Alter the Kinematics of Knees With or Without Meniscal Deficiency* (Zhang, 2016), zkoumala kinematické změny u pacientů s izolovaným poraněním LCA a s dalším poraněním (menisků). Výsledkem bylo, že pacienti, kteří měli i poranění menisku, tak byla změněná kinetika kolenního kloubu než u těch, kteří měli pouze izolované poranění LCA. Například flexi v kolenním kloubu měli pacienti s poruchami menisku, případně úplně bez menisku, menší než pacienti pouze s izolovaným poraněním LCA.

6.4 Diskuze k pooperačním komplikacím

Vzácně se mohou vyskytovat i pooperační komplikace kolenního kloubu v podobě infekce. Gobbi et al (2016) uvádějí míru infekce 0,37 % po operaci předního zkříženého vazů a pohybovala se v rozmezí od 7,5 do 61,7 dne. Známkami infekce jsou: bolestivý oteklý kolenní kloub, omezený rozsah pohybu v koleni, narůstající pulzující bolestivost kolene, rychle zvýšený a přetrvávající výpotek, místní erytém, zvyšující se teplota, intermitentní teplo (nad 38°), hyperémie se serózním a hnisajícím výpotkem.

Mezi pozdní pooperační komplikace patří nejčastěji snížení svalové síly m. quadriceps femoris. Jeho deficit přispívá k funkčnímu omezení, a navíc k dalšímu poranění dolních končetin. Navíc bylo prokázáno, že deficit snížení svalové síly m. quadriceps femoris o více než 15 % ovlivňuje negativně biomechaniku kolenního kloubu. Kromě toho může deficit snížení svalové síly m. quadriceps femoris vést k funkčním asymetriím trupu, kyčelních a hlezenních kloubů a ke kompenzačním změnám zatížení po rekonstrukci LCA (Oberländer, 2013; Schmitt, 2015).

Další komplikací, která může nastat po rekonstrukci předního zkříženého vazů je selhání štěpu. Bylo hlášeno selhání štěpu až u 12-24 %. Navíc bylo zjištěné že selhání štěpu souvisí s věkem, pohlavím, indexem tělesné hmotnosti, dobou od operace, velikostí štěpu, integritou

menisku, pozicí tibiálního tunelu a časným návratem ke sportu (Salmon, 2005; Paterno, 2010; Myer, 2012; Hosseini, 2012).

U pacientů po rekonstrukci LCA s nedostatkem mediálního menisku byla zvýšená laxita štěpu a vyšší výskyt zbytkového pivotního posunu. Vyšší zátěž štěpu u kolen s deficitem menisku může vysvětlit míru selhání štěpu (Shelbourne, 2000; Trojani, 2011).

Po rekonstrukcích LCA se mohou vyskytovat i bolesti na přední straně kolene. Studie, *Anterior knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction* (Marques, 2020), hodnotila záznamy pacientů bolesti na přední straně kolene v průběhu šesti let. Z analyzovaných 438 záznamů pacientů udávalo 6, 2 % pacientů bolest. Lehce zvýšená prevalence bolesti byla u pacientů, kteří měli štěp z patelární šlachy a u pacientů, kteří po operaci nedosáhla plné extenze v kolenním kloubu. Bolest nekorelovala s pohlavím pacienta nebo operační technikou.

Testování svalové síly by mělo být po celou dobu rehabilitací během pooperační péče. Obecně platí, že by svalová síla m. quadriceps femoris a hamstringy měla být hodnocená ručním dynamometrem nebo pomocí izokinetické dynamometrie. Méně než 20-30 % je ve srovnání s neoperovanou dolní končetinou přijatelný pro plyometrická cvičení a k zapojení běhu po operaci kolen. Méně než 10 % svalové síly m. quadriceps femoris a hamstringy je přijatelný do zapojení sportovních aktivit a speciálně sportovních dovedností. Pokud není k dispozici žádné hodnotící izokinetické zařízení může se použít leg press s maximálně jedním opakováním (Barber-Westin, 2011).

Další testování, například poskoky na jedné dolní končetině, jsou povolené minimálně dvanáct týdnů po operaci LCA. Dalším kritériem je deficit svalové síly m. quadriceps femoris méně než 20 %. Doporučovány jsou čtyři testy skoků: skok na jedné dolní končetině na vzdálenost, trojitý skok na vzdálenost, crossover skok na vzdálenost a 6 m načasovaného skoku. Deficit síly méně než 10 % ve všech testech skoku by poskytl objektivní údaje pro postup do sportovních aktivit (Adams, 2012).

Míra návratu ke sportovním aktivitám před poraněním se pohybuje v rozmezí 63-65 % a k návratu do sportovního soutěžení 44-54 % (Ardern, 2011; Ardern, 2014).

Změněná strategie kontralaterální kyčle s omezeným rozsahem pohybu a útlumovými silami kolem zraněného kolena během chůze byla zaznamenána u těch, kteří neprošli po šesti měsících od operace LCA po funkčním testování k návratu ke sportu (Di Stasi, 2013).

6.5 Diskuze k opětovnému poranění LCA

Bohužel se kolikrát nevyhneme opětovnému poranění LCA na operované dolní končetině. Mechanismus sekundárního poranění LCA je multifaktoriální. Nejvyšší riziko sekundárního poranění LCA je během prvních sedmi měsíců k návratu ke sportu (Paterno, 2015; Laboute, 2010).

U mladých, aktivních jedinců je míra sekundárního poranění LCA až 24 % (Paterno, 2010).

Druhá trhlina LCA se vyskytuje nejčastěji na druhé (neoperované) dolní končetině a příčinou může být asymetrické zatížení. Wright et al, 2011, ve své studii uvedli míru druhého poranění s 11,8 % kontralaterálním a 5,8 % s ipsilaterálním selháním štěpu.

Navíc ženy, mají o 33,7 % vyšší riziko kontralaterální operace než muži (Eckenrode, 2017).

Také velmi diskutovaným tématem, zda po poranění LCA operovat či nikoli. U mladých a aktivních pacientů, zejména sportovců je operace určitě správným rozhodnutím. Naopak u starších a méně aktivních jedinců nemusí být operativní řešení podmínkou. Vyhodnocování údajů o výhodách operativního či neoperativního řešení vyžaduje zhodnocení objektivní laxity kolene, následných zranění a anamnéze pacienta (Diermeier, 2020).

Další otázka, která se nabízí k diskuzi je téma předoperační rehabilitace. Ta je známá jako „*prehab*“. V posledních letech byla zkoumána a výsledky přinesly u pacientů velmi pozitivní ohlasy jak ty subjektivní, tak objektivní.

Studie, *Does extended preoperative rehabilitation influence outcomes 2 years after ACL reconstruction?: a comparative effectiveness study between the MOON and Delaware-Oslo ACL cohorts* (Failla, 2016), porovnávala dvě skupiny. První skupina měla předoperační rehabilitaci, druhá nikoli. Zjistila, že skupina, která měla předoperační rehabilitaci měla lepší skóre (Mezinárodní komise pro dokumentaci kolena) a také měla větší pravděpodobnost pro návratnost ke sportu před poraněním.

Další studie naznačily, že předoperační rehabilitace má výhodu v tom, že pomáhá pacientům se cítit dobře před samotnou operací (Gokeler, 2017; Wilk, 2016; Claudia – Camelia, 2013).

Největší systematický přehled se konal v roce 2017 a zahrnoval 439 pacientů, kteří buď dostali plnou prehab nebo žádnou. U pacientů, kteří měli plnou prehab bylo zjištěno svalové zlepšení v oblasti kolen, ale nebyl zjištěný žádný významný rozdíl v kvalitě života nebo rozdílná spokojenosti mezi skupinami (Alshewaiar, 2017).

Giesche et al (2002), ve své studii došli k závěru, že prehab rehabilitace je prospěšná pro pacienty, zejména co se týče lepších pooperačních výsledků v oblasti kolenního kloubu a rychlejšího návratu ke sportu (skupina s prehab se vrátila do sportu po 34 týdnech od operace, kontrolní skupina bez prehab se vrátila ve 43 týdnu po operaci).

Prevence poranění LCA by měla být zvažována během rehabilitačního procesu po její rekonstrukci. Jelikož spousta trhlin LCA je bezkontaktní povahy tak tito pacienti vykazují pravděpodobně špatnou neuromuskulární kontrolu a biomechanické deficity. Obecně se prokázalo, že rehabilitační programy prevence LCA, které zahrnují kombinaci posilování, dynamického zahřívání, agility, plyometrických aktivit a rovnováhy mají velmi dobrou krátkodobou účinnost. Zahrnují veškeré prvky neuromuskulárního tréninku (Chimera, 2004; Lephart, 2005; Mandelbaum, 2005; Myklebust, 2003; Gilchrist, 2008).

Preventivní programy by měly zahrnovat různé techniky neuromuskulárního tréninku, protože se prokázalo, že zaměření pouze na jeden typ cvičení není tak účinné pro prevenci LCA. Dále bylo zjištěno, že nejúčinnější dávkování v preventivních programech bylo dvakrát týdně po dobu třiceti minut. Zařazení prken, bočních prken, sed-lehů, kliků, posilování horní části těla souvisí se snížením poranění LCA (Sugimoto, 2016).

Benjaminse (2015) ve své studii poukazuje na omezenou dlouhodobou účinnost preventivních programů, která je teoreticky důsledkem potíží udržet pozornost a přenosem naučených pohybových dovedností. Schopnost se i nadále zlepšovat v motorických úkolech může být realizována pomocí vnitřního nebo vnějšího zaměření pozornosti. Vnitřní zaměření pozornosti by sportovce přimělo soustředit se na jednotlivé pohyby, jako například udržet koleno ve správném postavení nad druhým/třetím prstem. Vnější zaměření pozornosti by přimělo sportovce zaměřit se na výsledný správný pohyb, jako například udržení kolena v rovině s kuželem či jiným cílem během specifického sportovního pohybu. Vnější zaměření více využívá automatický proces kontroly narozdíl od vnitřního zaměření, který využívá našeho vědomí.

6.6 Diskuze k novým metodám ve fyzioterapii

Řada nových přístupů ve fyzioterapii získává na popularitě, co se týče pooperační léčby LCA.

Například se zdá, že kinesiotaaping má svůj účinek v akutní pooperační léčbě po operacích kolen, a to především ke snížení bolesti a otoku kolenního kloubu (Balki, 2016).

Neuromuskulární elektrická stimulace (NMES) během pooperační fáze prokázala, že dokáže efektivně zvýšit sílu m. quadriceps femoris a tím snížit jeho svalový deficit. Při aplikaci vysoké intenzity během pooperačního léčení se NMES ukázala jako úspěšná v boji proti svalové atrofii a zachování svalové síly (Logerstedt, 2010).

Snyder et al (1995) ve své studii zjistili, že čtyři týdny aktivního cvičení v kombinaci s vysoce intenzivním NMES vedly dva měsíce po operaci LCA ke zlepšení síly m. quadriceps femoris až o 70 % ve srovnání s neoperovanou dolní končetinou. Naopak pacienti, kteří měli pouze čtyřtýdenní cvičení bez NMES prokázali zvýšení síly m. quadriceps femoris o 51 % oproti neoperované dolní končetině (Jenkins, 2022).

Wright et al (2019) zjistili, že NMES pomohla lépe zvýšit obvod stehna a snížit atrofii než samotné cvičení.

Tvrzení, že NMES pomáhá zvýšit sílu m. quadriceps femoris potvrzuje ve své studii i Fitzgerald, 2003. Skupina, co měla cvičení spolu s NMES vykazovala větší sílu m. quadriceps femoris spolu s větší funkcí kolena ve dvanáctém týdnu po operaci a rychleji postoupila k tréninku agility v šestnáctém týdnu po operaci.

Mezi další metody patří cvičení kontralaterální nohy pro zmírnění bilaterálních potíží způsobené odchylkami senzomotorického a muskuloskeletálního systému v důsledku úrazu či operace. Výsledky studie, *Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial* (Harput, 2019) ukázaly, že síla m. quadriceps femoris během koncentrického a excentrického pohybu se obnovila rychleji, když pacienti využívali cvičení kontralaterální končetiny, zejména v předoperační fázi.

Omezení průtoku krve je další modalitou, která se využívá k urychlení zotavení po rekonstrukci LCA. Ač dva systematické přehledy dospěly k závěru, že existují důkazy o tom, že omezení průtoku krve podporuje svalovou hypertrofii, snižuje bolestivost kolene, zvyšuje svalovou sílu, dále naznačují, že je zapotřebí dalších výzkumů.

Studie poukazují na to, jak důležitá je časná rehabilitace po operaci LCA, včetně předoperační rehabilitace (Gokeler, 2017; Wilk, 2016). Bohužel oproti zahraničí se standardě v České republice začíná s rehabilitací po plastice předního zkříženého vazů až v 6. týdnu po operaci, včetně užívání berlí do 4. někdy až 6. týdne po operaci. Zahraničních studie poukazují na brzké odkládání berlí a začátek rehabilitace, a to již od 1. pooperačního týdne. Jelikož bylo prokázáno, že m. quadriceps femoris je značně atrofovaný již ve třetím týdnu po operaci LCA, je k zamyšlení, zda časná rehabilitace v České republice by přece jen nebyla vhodnou variantou. Na RK Malvazinky, kde probíhala studie, jsem bohužel nemohla začít s časnou rehabilitací, protože dle standardů kliniky se začíná právě v 6. pooperačním týdnu. Pacienti jsou alespoň

instruování k domácí autoterapii po rekonstrukci LCA, než odchází domů. Jedná se zejména o instrukce v péči o jizvu, a dále instruktáž k lehkým cvikům na lůžku (rozcvičení flexe v kolenním kloubu sunutím paty po podložce do 90°, propínání kolene do plné extenze, nácvik chůze o berlích – třídobá chůze, nácvik chůze do schodů/ze schodů, zařazení kryoterapie). Ale jak již zmiňují studie, je velmi důležitý excentrický trénink, který pomáhá k nárůstu svalového objemu m. quadriceps femoris, a jeho zařazení dle zahraničních publikací je možné již od třetího pooperačního týdne. Pacienti měli dovolené zařazení rotopedu od šestého týdne po operaci, ale otázkou je, jak často ho zařazovali. Alespoň dle deníčků, který si pacienti vedli v mém výzkumu jsem měla možnost vidět, zda pacienti využívali rotoped i mimo fyzioterapeuticky vedené hodiny. U výzkumné skupiny, která měla individuální přístup pod mým vedením, jsem povinně zařadila rotoped v rámci cvičení v tělocvičně, a to alespoň na 10 min. Dále jsem zařadila i chůzi na běžícím pásu po dobu 10 min při každé návštěvě, posléze i lehký běh na běžícím pásu. Tudíž i tohle zařazení mohlo vést k rozdílnému svalovému nárůstu mezi výzkumnou a skupinovou terapií, ale pro vyšší svalový nárůst by to chtělo jistě intenzivnější zařazení excentrického cvičení do rehabilitace po rekonstrukci LCA.

Dle mnoha autorů se rehabilitační programy shodují, že v časně rehabilitaci po rekonstrukci LCA je důležité se zaměřit na dysfunkci m. quadriceps femoris. Jeho posílení a aktivita je velmi důležitá právě proto, aby se mohlo v metodické řadě přejít od jednoduchých k složitějším a specifickým úkolům pro daný sport. V časně fázi se kromě posílení a aktivity extenzorů kolene zaměřujeme na nácvik chůze (nejprve s berlími) poté bez nich. Modifikace chůze jako v písku, v bazénu je také součástí časně rehabilitace. Nejprve se začíná s úkoly jednoduššími a bilaterálními s nízkou intenzitou zatížení (například dřep na obou DK bez závaží) a přechází se k složitějším jednostranným úkolům s vyšší intenzitou zatížení (například dřep na jedné DK). Pro přechod z časně do pozdní rehabilitace je důležité 100 % tělesné zatížení operované DK do funkčních pohybových dovedností. Zařazení specifických dovedností (například změna směru během pohybu, doskoky na DK) je nedílnou součástí k pozdní rehabilitaci, která připravuje daného probanda k návratu do sportovního prostředí. Je nutno si uvědomit, že poranění LCA vzniká právě při nekontrolovatelných sportovních pohybech, proto je důležité zařadit i fázi k nácviku specifických sportovních dovedností. Specifické sportovní dovednosti by měly co nejlépe simulovat daný pohyb, při kterém může dojít k poranění LCA.

Rehabilitační standardy na RK Malvazinky jsou velmi jednoduché a časově velmi rychlé. Dohromady máte osm skupinových terapií, ale s četností dvakrát týdně, tudíž skončíte s rehabilitacemi v 9. pooperačním týdnu. Což může být problém pro správnou rehabilitaci LCA, protože od 9. týdne začíná druhá, nezbytná pooperační fáze, která je jednou

z nejdůležitějších. V této fázi začínají složitější úkony pro pacienta, které připravují kolenní kloub na pozdní pooperační fázi rehabilitace, která se zaměřuje na již zmíněné specifické sportovní dovednosti. Protože mnoho poranění předního zkříženého vazů vzniká u sportovců během určitého sportu, neměli bychom fyzioterapie uspěchat a minimálně si je rozložit do více měsíců, abychom si byli jistí, že je daný pacient plně připravený vrátit se do daného sportovního prostředí.

Jelikož svalový objem pro svůj nárůst potřebuje více času, a to až 22. týdnů, chtělo by to rozhodně delší fyzioterapeutickou intervenci s pacienty, po které by bylo možné měřit i větší svalový nárůst objemu stehna. Bohužel dle standardů RK Malvazinky se předepisuje pouze osm fyzioterapeutických jednotek, tudíž jsem neměla více času s pacienty.

6.7 Limity studie

I přesto, že práce přinesla zajímavé výsledky, jsme si vědomi jistých limitů.

Rozhodně by studie potřebovala pro zkoumání svalového objemu delší časové rozpětí než tři měsíce. Pacienti totiž dle kritérií na RK Malvazinky museli nosit berle až do 4. pooperačního týdne, což mohlo mít zásadní vliv na nedostatečné zapojení svalů dolních končetin v ranné pooperační rehabilitaci. Ale tuto skutečnost jsem nemohla ovlivnit.

Také jsem nemohla ovlivnit měření svalového objemu dolních končetin, kdy z provozních důvodů kliniky nebylo možné s pacienty před operací pracovat, a první měření bylo možné provést až v 6. pooperačním týdnu. Poslední měření probíhalo při poslední fyzioterapeutické terapii, a to v 15. týdnu po operaci.

Dalším limitem je i velikost souboru. Mnoho pacientů po operaci předního zkříženého vazů volí v poslední době jiná rehabilitační centra pro své rehabilitace než na RK Malvazinky nebo se pacienti odmítli výzkumu účastnit. Ti, co se účastnili výzkumu, byli zase limitováni počtem návštěv. Standardně se předepisuje pouze osm fyzioterapeutických jednotek včetně vstupního kineziologického rozboru. U výzkumné skupiny jsem mohla alespoň rozdělit již zmíněných osm fyzioterapeutických jednotek do 8. týdnů, tudíž jsem prodloužila fyzioterapie po operaci LCA o 6. týdnů. Kontrolní skupině, ale zůstaly 4. týdny fyzioterapie skupinového cvičení po operaci předního zkříženého vazů. Právě již zmíněná rychlá rehabilitace po operaci předního zkříženého vazů může mít důsledek na svalový objem stehna. Postupně musí docházet k navyšování zátěže a tu z hlediska hojení štěpu neuspěcháme. Jak 4., tak 9. týdnů fyzioterapií po operaci LCA je velmi málo. Pokud bude fyzioterapie po operaci LCA úspěšena a dále se po jejím skončení pacient nebude věnovat cvičení, které musí být zaměřené na zvětšování svalové

síly a svalového objemu stehna, může si v budoucnu znovu poranit LCA. Není vyloučené ani poranění LCA na kontralaterální dolní končetině. To může mít za následek posilování až přetrénování operované dolní končetiny a tím oslabení neoperované strany. Proto je důležitá i průběžná kontrola fyzioterapeutem především u sportovců, kteří se chtějí vrátit k závodění.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vyhodnotit, jaký bude vliv nově navržené cílené fyzioterapeutické intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazy ve vztahu ke svalovému objemu stehna.

Výsledky našeho výzkumu poukazují na to, že individuální a komplexní přístup k pacientům po operaci předního zkříženého vazy je lepší než běžné pooperační postupy, které jsou na většině pracovišť používány, a mělo by proto dojít právě k jejich přehodnocení.

Ačkoliv v předložené práci předpokládané změny nárůstu svalového objemu stehna po operaci předního zkříženého vazy nebyly potvrzeny, tak rozdíly ve smyslu nárůstu svalového objemu mezi 6. a 15. týdnem po operaci byly vyhodnoceny. U výzkumné skupiny, byly nárůsty svalového objemu vyšší než u kontrolní, ale ne statisticky významné. U kontrolní skupiny dokonce došlo i ke snížení svalového objemu stehna po 9. týdnech od operace. Příčinou může být právě přístup k pooperační rehabilitaci. Výzkumná skupina měla individuální fyzioterapie po dobu 9. týdnů s intervencí jednou týdně, kdy jedna trvala 45 minut, a navíc měla tato skupina zařazenou od 10. pooperačního týdne i přístrojovou rehabilitaci – Imoove. Kontrolní skupina měla skupinovou terapii po dobu 4. týdnů s intervencí dvakrát týdně, kdy jedna trvala 30 min.

Hodnocení funkčního stavu kolenního kloubu, s použitím Lysholm knee score potvrdilo, že individuální přístup fyzioterapeutické intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazy přináší významně lepší efekt než běžně používané skupinové přístupy. Rovněž tato skutečnost poukazuje na nutnost revize stávajících rehabilitačních přístupů.

Práce poukazuje na dva rozdílné přístupy v rehabilitaci po operaci předního zkříženého vazy, individuální a skupinový. Individuální přístup na většině pracovišť a rovněž na klinice, kde experiment probíhal, není standardní. Tato práce poukázala na jeho důležitost a větší efektivitu na základě hodnocených parametrů v pooperačním přístupu. Pacienti s individuálním přístupem měli jednak delší časové rozpětí fyzioterapií (8. pooperačních týdnů), a jednak delší fyzioterapeutickou jednotku (45 min). Právě časové rozpětí jedné fyzioterapeutické jednotky umožnilo zařadit komplexnější a efektivnější postupy (zařazení excentrického cvičení, přístrojové terapie). Další výhodou individuálního přístupu je, že na individuálním cvičení je pacient sám pouze s jedním fyzioterapeutem a ten se mu může věnovat po celou dobu trvání fyzioterapie. Na skupinových lekcích je přítomno více pacientů najednou. A na lekci je tudíž individuální přístup terapeuta k pacientovi značně omezen, vzhledem k rozdílným potřebám jednotlivých účastníků skupinového cvičení. Proces hojení, regenerace a rehabilitace může

probíhat a probíhá u různých jedinců nestejnou rychlostí. Skupinové cvičení vede k tomu, že musí terapeut hledat vždy průsečík mezi potřebami jednotlivých cvičenců, což pro jedny může znamenat nepřiměřeně rychlý postup terapie, pro druhé významné zpomalení progresu jejich rehabilitace.

Navíc je individuální přístup k pacientovi lepší, co se týče motivace k pohybu a také průběžné konzultace stavu pacienta po operaci LCA.

Pro hodnocení efektu terapie jsou preferovány postupy v duchu Evidence based medicine / Evidence based practice. V práci byl navržen jednoduchý způsob (3D skenování) k vyhodnocení efektu svalového objemu stehna. Skenování je jednoduché, časově nenáročné a bezpečné. Proto by jeho zařazení do standardů hodnocení efektu terapie při stanovení svalových objemů bylo vhodné nejenom z důvodu obohacení fyzioterapeutických hodnotících postupů v duchu Evidence based practice, ale též jako psychologicky motivační prvek v postupující rehabilitaci jednotlivce.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Adams, G. R., et al. Effect of short-term unweighting on human skeletal muscle strength and size. *Aviation, space and environmental medicine* [online]. 1994, **65**(12), 1116-1121 [cit. 2021-10-04]. PMID: 7872913
2. Adams, D., et al. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *J Orthop Sports Phys Ther.* [online]. 2012, **42**(7), 601-14. [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.2519/jospt.2012.3871
3. Adhitya, I. P. G. S., et al. Reliability, validity, and responsiveness of the Indonesian version of the Lysholm knee score and Tegner activity scale in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 2023, **34**, 53-59 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.062>
4. Aloisi, M., et al. Activation of muscle nuclei in denervation and hypertrophy. In: *Basic research in myology* [online]. Amsterdam. 1973, 338-345. [cit. 2021-10-04].
5. Alshewaier, S., et al. The effectiveness of pre-operative exercise physiotherapy rehabilitation on the outcomes of treatment following anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Clin Rehabil.* [online]. 2017, **31**(1), 34-44 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0269215516628617
6. Ardern, C. L., et al. Psychological responses matter in returning to preinjury level of sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Am J Sports Med.* [online]. 2013, **41**(7), 1549-58 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546513489284
7. Ardern, C. L., et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med.* [online]. 2011, **45**(7), 596-606 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1136/bjsm.2010.076364
8. Ardern C. L., et al. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* [online]. 2014, **48**(21), 1543-52 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1136/bjsports-2013-093398
9. Ardern, C. L., et al. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports*

- Med.* [online]. 2014, **48**(22), 1613-9 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1136/bjsports-2014-093842
10. Baar, K., et al. Phosphorylation of p70^{S6k} correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *Am. J. Physiol.* [online]. 1999, **276**, C120–C127 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1999.276.1.C120>
 11. Barber-Westin, S. D., et al. Rating of Athletic and Daily Functional Activities: Knee-Specific Scales and Global Outcome Instruments. *Noyes' Knee Disorders: Surgery, rehabilitation, Clinical Outcomes (Second edition)* [online]. 2017, 1211-1221 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-32903-3.00043-3>
 12. Barber-Westin, S. D., et al. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* [online]. 2011, **27**(12), 1697-705 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.09.009
 13. Bartůňková, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. Praha: Karolinum, 2006. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-1171-6.
 14. Balki, S., et al. Kinesio taping as a treatment method in the acute phase of ACL reconstruction: a double-blind, placebo-controlled study. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica* [online]. 2016, **50**(6), 628-634 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aott.2016.03.005>
 15. Bassett, S. F., et al. Home-based physical therapy intervention with adherence-enhancing strategies versus clinic-based management for patients with ankle sprains. *Physical therapy* [online]. 2007, **87**(9), 1132-1143 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.2522/ptj.20060260>
 16. Baumeister, J., et al. Altered electrocortical brain activity after ACL reconstruction during force control. *J Orthop Res.* [online]. 2011, **29**(9), 1383-9 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1002/jor.21380
 17. Benjaminse, A., et al. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. *J Orthop Sports Phys Ther.* [online]. 2015, **45**(3), 170-82 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.2519/jospt.2015.4986
 18. Bernaciková, M., et al. *Regenerace a výživa ve sportu*. Masarykova Univerzita, Brno. 2013, 197-198. ISBN: 978-80-210-6253-5

19. Birchmeier, T., et al. Quadriceps muscle size following ACL injury and reconstruction: a systematic review. *Journal of orthopaedic research* [online]. 2019, **38**(3), 598-608 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1002/jor.24489>
20. Bo, Q., et al. Support fast generation algorithm based on discrete-marking in stereolithography rapid prototyping. *Rapid Prototyping Journal* [online]. 2011, **17**(6), 451-457 [cit. 2021-10-04]. ISSN: 1355-2546
21. Boden, B. P., et al. Non-contact ACL injuries: mechanisms and risk factors. *Am Acad Orthop Surg.* [online]. 2010, **18**(9), 520–527 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5435%2F00124635-201009000-00003>
22. Boden, B. P., et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* [online]. 2000, **23**(6), 573-8 [cit. 2021-10-04].
23. Bodine, S., et al. Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy *in vivo*. *Nat Cell Biol* [online]. 2001, **3**(11), 1014–1019 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ncb1101-1014>
24. Boirie, Y., et al. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci USA* [online]. 1997, **94**, 14930–14935 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930>
25. Bolster, D. R., et al. Translational Control Mechanisms Modulate Skeletal Muscle Gene Expression During Hypertrophy. *Exercise and Sport Sciences Reviews* [online]. 2003, **31**(3), 111-116 [cit. 2022-02-24].
26. Borsheim, E., et al. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 2002, **283**, 648–657 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00466.2001>
27. Bos, C., et al. Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J Nutr* [online]. 2003, **133**, 1308–1315 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1308>
28. Bourke, H. E., et al. Survival of the anterior cruciate ligament graft and the contralateral ACL at a minimum of 15 years. *Am J Sports Med.* [online]. 2012, **40**(9), 1985–92 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0363546512454414>
29. Boyi, D. Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors and prevention programs. *Journal of Sport and Health Science* [online]. 2014, **3**(4), 299-306 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.06.002>
30. Bram, J. T., et al. Do pediatric patients with anterior cruciate ligament tears have a higher rate of familial anterior cruciate ligament injury?. *Orthopaedic Journal of Sports*

- Medicine* [online]. 2020, **8**(10) [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: DOI: <https://doi.org/10.1177/2325967120959665>
31. Brandsson, S., et al. Is a knee brace advantageous after anterior cruciate ligament surgery? *Medicine & Science in sports* [online]. 2001, **11**(2), 110-114 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2001.011002110.x>
 32. Brasileiro, J.S., et al. Functional and morphological changes in the quadriceps muscle induced by eccentric training after ACL reconstruction. *Braz. J. Phys. Ther.* [online]. 2011, **15**(4), 284-290 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552011005000012>
 33. Briggs, K. K. MPH., et al. Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Knee Score and Tegner Activity Scale for Patients with Meniscal Injury of the Knee. *The Journal of Bone & Joint Surgery* [online]. 2006, **88**(4), 698-705 [cit. 2022-02-24]. DOI: [10.2106/JBJS.E.00339](https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00339)
 34. Buckthorpe, M. Recommendations for Movement Re-training After ACL Reconstruction. *Sports Med* [online]. 2021, **51**, 1601–1618 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01454-5>
 35. Buckthorpe, M. Optimising the late-stage rehabilitation and return-to-sport training and testing process after ACL reconstruction. *Sports Medicine* [online]. 2019, **49**(7), 1043-1058 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01102-z>
 36. Buckthorpe, M., et al. On-field rehabilitation part 2: A 5-stage program for the soccer player focused on linear movements, multidirectional movements, soccer-specific skills, soccer-specific movements, and modified practice. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 2019, **49**(8), 570-575 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2019.8952>
 37. Burger, M. C., et al. Interleukin and growth factor gene variants and risk of carpal tunnel syndrome. *Gene* [online]. 2015, **564**(1), 67-72 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2015.03.047>
 38. Carraro, F., et al. Effect of exercise and recovery on muscle protein synthesis in human subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 1990, **259**, 470–476 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1990.259.4.E470>
 39. Cavanaugh, J.T., et al. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now?. *Curr Rev Musculoskelet Med* [online]. 2017, **10**, 289–296 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9426-3>

40. Celik, D., et al. Translation and cultural adaptation of the Turkish lysholm knee scale: Easy of use, validity, and reliability knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 2013, 471(8), 2602-2610 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1007/s11999-013-3046-z
41. Ciciliot, S., et al. Muscle type and fiber type specificity in muscle wasting. *Int J Biochem Cell Biol.* [online]. 2013, **45**(10), 2191–2199 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2013.05.016>
42. Clark, B. C., et al. Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. *Curr Aging Sci.* [online]. 2011, **4**(3), 192–199 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874609811104030192>
43. Claudia-Camelia, B. Study on the effectiveness of the accelerated rehabilitation strategies of the knee in professional athletes after anterior cruciate ligament injury. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* [online]. 2013, **76**, 151-155 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.04.090>
44. Cohn, B. T., et al. The effects of cold therapy in the postoperative management of pain in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 1989, **17**(3), 344-349 [cit. 2022-02-24]. DOI:10.1177/036354658901700306
45. Cohen, A., et al. Mandibular reconstruction using stereolithographic 3-dimensional printing modeling technology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* [online]. 2009, **108**(5), 661-666 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.05.023>
46. Cox, T. R., et al. Remodeling and homeostasis of the extracellular matrix: implications for fibrotic diseases and cancer. *Disease models & mechanisms* [online]. 2011, 4.2: 165-178 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1242/dmm.004077>
47. Cruz-Jentoft, A. J., et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on sarcopenia in older people. *Age Ageing* [online]. 2010, **39**(4), 412–423 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>
48. Czamara, A., et al. The muscle strenght of the knee joint after ACL reconstruction depends on the number and frequency of supervised physiotherapy visits. *Int. J. Environ. Res. Public Health* [online]. 2021, **18**(20), 10588 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182010588>
49. Daanen, H., et al. 3D whole body scanners revisited. *Displays* [online]. 2013, **34**(4), 270-275 [cit. 2022-01-14].

50. Dahake, S. W., et al. Applications of medical rapid prototyping assisted customized surgical guides in complex surgeries. *Rapid Prototyping Journal* [online]. 2016, **22**(6), 934-946 [cit. 2021-10-04]. ISSN: 1355-2546
51. Dangin, M., et al. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 2001, **280**, 340–348 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.280.2.E340>
52. Dangin, M., et al. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J Physiol* [online]. 2003, **549**, 635–644 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.036897>
53. D'Antona, G., et al. The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibres. *J Physiol.* [online]. 2003, **552**(2), 499–511 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.046276>
54. Dawood, A. Cone beam CT in dental practice. *British dental journal* [online]. 2009, **207**(1), 23-28 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.560>
55. Deci, E. L., et al. The general causality orientations scale: Self-determination in personality. *Journal of research in personality* [online]. 1985, **19**(2), 109-134 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0092-6566\(85\)90023-6](https://doi.org/10.1016/0092-6566(85)90023-6)
56. Deci, E. L., et al. *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer Science & Business Media, 2013.
57. Dekker, T. J., et al. Return to sport after pediatric anterior cruciate ligament reconstruction and its effect on subsequent anterior cruciate ligament injury. *JBJS* [online]. 2017, **99**(11), 897-904 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.2106/JBJS.16.00758
58. Delbono O. Expression and regulation of excitation-contraction coupling proteins in aging skeletal muscle. *Curr Aging Sci.* [online]. 2011, **4**(3), 248–259 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2174/1874609811104030248>
59. Delmonico, M. J., et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr.* [online]. 2009, **90**(6), 1579–1585 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28047>
60. De Jong, S. N., et al. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* [online]. 2007, **23**(1), 21. e1-21. e11 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.08.024>

61. Demirdjian, A. M., et al. The Outcomes of Two Knee Scoring Questionnaires in a Normal Population. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 1998, **26**(1), 46-51 [cit. 2022-02-24]. DOI:10.1177/03635465980260012401
62. Di Stasi, S. L., et al. Gait patterns differ between ACL-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail. *Am J Sports Med.* [online]. 2013, **41**(6), 1310-8 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1177/0363546513482718.
63. Diermeier T., et al. Treatment after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* [online]. 2020, **28**(8), 2390-2402 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1007/s00167-020-06012-6
64. Dirks, A., et al. Apoptosis in skeletal muscle with aging. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* [online]. 2002, **282**(2), R519–R527 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00458.2001>
65. Dobeš, M., et al. STP artroskopicky asistované plastice LCA: Standard fyzioterapie doporučený UNIFY ČR. Standardy léčebných postupů a kvalita ve zdravotní péči [online]. 2015, F/3, 1–12.
66. Dombroski, C.E., et al, A. The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study. *BMC Res Notes* [online]. 2014, **7**, 443 [online]. DOI: <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-443>
67. Dong, Z., et al. 3D parametric human modeling for warp-knitted seamless garment. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2015, **27**(4), 532-548 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-01-2014-0013>
68. Đonlić, M., et al. On the segmentation of scanned 3D human body models. In: *8th Intern. Scientific Conf. on Kinesiology* [online]. 2017, 694-697 [cit. 2022-01-14].
69. Dylevský, I. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN: 978-80-247-1649-7
70. Eckenrode, B. J., et al. Prevention and Management of Post-operative Complications Following ACL Reconstruction. *Curr Rev Musculoskelet Med* [online]. 2017, **10**, 315–321 [cit. 2022-01-14]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9427-2>
71. Eitzen, I., et al. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* [online]. 2009, **43**(5), 371-6 [cit. 2022-01-14]. DOI: 10.1136/bjism.2008.057059

72. Esmarck, B., et al. Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol.* [online]. 2001, **535**(1), 301-11 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1111/j.1469-7793.2001.00301.x
73. Failla, M. J., et al. Does Extended Preoperative Rehabilitation Influence Outcomes 2 Years After ACL Reconstruction? A Comparative Effectiveness Study Between the MOON and Delaware-Oslo ACL Cohorts. *Am J Sports Med.* [online]. 2016, **44**(10), 2608-2614 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546516652594
74. Ferrucci, M. D. L., et al. Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels. *Journal of the American geriatrics society* [online]. 2002, **50**(12), 1947-1954 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50605.x>
75. Fitzgerald, G. K. A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* [online]. 2003, **33**(9), 492-501 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.2519/jospt.2003.33.9.492
76. Flynn, R. K., et al. The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: a case control study. *Am J Sports Med.* [online]. 2005, **33**(1), 23–8 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546504265678>
77. Fouillet H., et al. Peripheral and splanchnic metabolism of dietary nitrogen are differently affected by the protein source in humans as assessed by compartmental modeling. *J Nutr* [online]. 2002, **132**, 125–133 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/132.1.125>
78. Frei, R. Předolympijský medicínský seminář k ZOH 2014 v Soči. Praha, 2013.
79. Freeman, B. W., et al. The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength. *The Journal of sports medicine and physical fitness* [online]. 2019, **59**(7), 1119-25 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.08703-0
80. Frontera, W. R., et al. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* [online]. 2000, **88**(4), 1321–1326 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.4.1321>
81. Frontera, W. R., et al. Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *Am J Physiol Cell Physiol.* [online]. 2000, **279**(3), C611–C618 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.2000.279.3.c611>

82. Fry, N. R., et al. Changes in the volume and length of the medial gastrocnemius after surgical recession in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics* [online]. 2007, **27**(7), 769-774 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181558943
83. Fukunaga, T., et al. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta physiologica scandinavica* [online]. 2001, **172**(4), 249-255 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1046/j.1365-201X.2001.00867.x
84. Fukunaga, T., et al. Muscle architecture and function in humans. *Journal of biomechanics*[online]. 1997, **30**(5), 457-463 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/S0021-9290(96)00171-6
85. Gapinski, B., et al. Comparison of different method of measurement geometry using CMM, optical scanner and computed tomography 3D. *Procedia Engineering* [online]. 2014, **69**, 255-262 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.230>
86. Gelb, H. J., et al. Magnetic Resonance Imaging of Knee Disorders: Clinical Value and Cost-Effectiveness in a Sports Medicine Practice. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 1996, **24**(1), 99-103 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: DOI:10.1177/036354659602400118
87. Gerber, J. P., et al. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* [online]. 2007, **89**(3), 559-570 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.2106/JBJS.F.00385
88. Gerber, J. P., et al. Effects of Early Progressive Eccentric Exercise on Muscle Size and Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A 1-Year Follow-up Study of a Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy* [online]. 2009, **89**(1), 51–59 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.2522/ptj.20070189>
89. Gianotti, S. M., et al. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J Sci Med Sport* [online]. 2009, **12**(6), 622-7 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/j.jsams.2008.07.005
90. Giesche, F., et al L. Evidence for the effects of prehabilitation before ACL-reconstruction on return to sport-related and self-reported knee function: A systematic review. *PLoS One* [online]. 2020, **28**, **15**(10), e0240192 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1371/journal.pone.0240192

91. Gilchrist J., et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med.* [online]. 2008, **36**(8), 1476-83 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546508318188
92. Glass, R., et al. The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Patients with ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. *N Am J Sports Phys Ther.* [online]. 2010, **5**(2), 74-84 [cit. 2021-10-04]. PMID: 21589664; PMCID: PMC2953392.
93. Glenn, R. E. Jr. MD., et al. Cryotherapy Decreases Intraarticular Temperature after ACL Reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 2004, **421**, 268-272 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1097/01.blo.0000126302.41711.eb
94. Gobbi, A., et al. Postoperative Infection After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health* [online]. 2016, **8**(2), 187-9 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/1941738115618638
95. Gokeler, A., et al. Clinical course and recommendations for patients after anterior cruciate ligament injury and subsequent reconstruction: A narrative review. *EFORT Open Rev.* [online]. 2017, **9**, 2(10), 410-420 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1302/2058-5241.2.170011
96. Goodpaster, B. H., et al. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: the Health ABC Study. *J Appl Physiol* [online]. 2001, **90**(6), 2157–2165 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.6.2157>
97. Goshima, K., et al. Familial predisposition to anterior cruciate ligament injury. *Asia Pac J Sport Med Arthrosc Rehabil Technol.* [online]. 2014, **1**(2), 62–6 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2014.02.002>
98. Griffin, L. Y., et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* [online]. 2000, **8**(3), 141–150 [cit. 2021-10-04].
99. Ha, J. K., et al. Single – bundle versus double – bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A comparative study with propensity score matching. *Indian Journal of Orthopaedics* [online]. 2016, **50**, 505–511 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.4103/0019-5413.189605>
100. Hagger, M. S., et al. Injury Representations, Coping, Emotions, and Functional Outcomes in Athletes With Sports-Related Injuries: A Test of Self-Regulation Theory 1. *Journal of Applied Social Psychology* [online]. 2005, **35**(11), 2345-2374 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2005.tb02106.x>

101. Hagger, M. S., et al. Perceived autonomy support in physical education and leisure-time physical activity: a cross-cultural evaluation of the trans-contextual model. *Journal of Educational Psychology* [online]. 2005, **97**(3), 376 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.97.3.376>
102. Hagger, M. S., et al. The processes by which perceived autonomy support in physical education promotes leisure-time physical activity intentions and behavior: A trans-contextual model. *Journal of educational psychology* [online]. 2003, **95**(4), 784 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.95.4.784>
103. Hagger, M. S., et al. Integrating the theory of planned behaviour and self-determination theory in health behaviour: A meta-analysis. *British journal of health psychology* [online]. 2009, **14**(2), 275-302 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1348/135910708X373959>
104. Häggglund, M., et al. Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* [online]. 2016, **24**, 737–46 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3922-z>
105. Haleem, A., et al. Design and Development of Smart Landline Using 3D Printing. *International Journal* [online]. 2016, **4**(2), 438-447 [cit. 2021-10-04]. ISSN: 2347-3258
106. Hall, P. A., et al. Temporal self-regulation theory: Looking forward. *Health Psychology Review* [online]. 2010, **4**(2), 83-92 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/17437199.2010.487180>
107. Hálková, J. *Senzomotorická stimulace*. Učební text pro studenty 1.LF UK obor fyzioterapie. Praha, 2012.
108. Harner, C. D., et al. Loss of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* [online]. 1992, **20**(5), 499-506 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1177/036354659202000503
109. Harput G., et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* [online]. 2019, **27**(1), 68-75 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1007/s00167-018-5040-1
110. Hart, R., et al. Přední zkřížený vaz kolenního kloubu. Praha: Maxdorf Jessenius, 2010.
111. Hartigan, E. H., et al. Time line for noncopers to pass return-to-sports criteria after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* [online]. 2010, **40**(3), 141-54 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.2519/jospt.2010.3168. PMID: 20195019; PMCID: PMC3613129.

112. Hartman, J. W., et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr* [online]. 2007, **86**, 373-381 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.373>
113. Hasani, S., et al. Familial Predisposition to Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med* [online]. 2022, **52**, 2657–2668 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01711-1>
114. Hasegawa, S., et al. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2011, **21**(4), 622-630 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.01.005>
115. Höher, J., et al. Hamstring graft motion in the femoral bone tunnel when using titanium button/polyester tape fixation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 1999, **7**(4), 215–219 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001670050151>
116. Hong, S. et al. 3D scan related research in TNO and its application for apparel industry. *Fashion Information and Technology* [online]. 2004, **1**, 72-80 [cit. 2021-10-04].
117. Hosseini A., et al. Tunnel position and graft orientation in failed anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical and imaging analysis. *Int Orthop*. [online]. 2012, **36**(4), 845-52 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.1007/s00264-011-1333-4](https://doi.org/10.1007/s00264-011-1333-4)
118. Hughes, L., et al. Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial. *Sports Med*. [online]. 2019, **49**(11), 1787-1805 [cit. 2022-02-24]. DOI: [10.1007/s40279-019-01137-2](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2)
119. Hughes, V. A., et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. [online]. 2001, **56**(5), B209–B217 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/gerona/56.5.b209>
120. Hwang, C. L., et al. 3D body scanning systems with application to the apparel industry. *Journal of Fashion Marketing and Management Henry Stewart Publications* [online]. 2001, 1361-2026.

121. Chan, D.K. CH., et al. Treatment motivation for rehabilitation after a sport injury: Application of the trans-contextual model. *Psychology of Sport and Exercise* [online]. 2011, 12(2), 83-92 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2010.08.005>
122. Chan, D. K., et al. Patient motivation and adherence to postsurgery rehabilitation exercise recommendations: the influence of physiotherapists' autonomy-supportive behaviors. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2009, 90(12), 1977-1982 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.05.024>
123. Chan, K. M., et al. Expression of transforming growth factor β isoforms and their roles in tendon healing. *Wound repair and regeneration* [online]. 2008, 16(3), 399-407 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2008.00379.x>
124. Charles, D., et al. A systematic review of the effects of blood flow restriction training on quadriceps muscle atrophy and circumference post acl reconstruction. *Int J Sports Phys Ther.* [online]. 2020, 15(6), 882-891 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.26603/ijsp20200882
125. Chatzisarantis, N. L. D., et al. Effects of an intervention based on self-determination theory on self-reported leisure-time physical activity participation. *Psychology and Health* [online]. 2009, 24(1), 29-48 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1080/08870440701809533>
126. Chen, M. R., et al. Arthroscopic releases for arthrofibrosis of the knee. *J Am Acad Orthop Surg.* [online]. 2011, 19(11), 709-16 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.5435/00124635-201111000-00007
127. Chesley, A., et al. Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* [online]. 1992, 73, 1383–1388 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1383>
128. Cheung, T. H., et al. Molecular regulation of stem cell quiescence. *Nat Rev Mol Cell Biol.* [online]. 2013, 14(6), 329–340 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrm3591>
129. Chimera, N. J., et al. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *J Athl Train.* [online]. 2004, 39(1), 24-31 [cit. 2022-02-24]. PMID: 15085208
130. Cho, Y., et al. An interactive body model for individual pattern making. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2005, 17(2), 91-99 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1108/09556220510581236>

131. Christino, M. A., et al. Psychological Aspects of Recovery Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* [online]. 2015, **23**(8), 501-9 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.5435/JAAOS-D-14-00173
132. Chromy, A. et al. Robotic 3D scanner as an alternative to standard modalities of medical imaging. *SpringerPlus* [online]. 2014, **3**, 1-10 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-13>
133. Isaković, M., et al. The role if preventive practice in reducing the number of injuries of handbal players. *Science, Movement and Health* [online]. 2016, **16**(2), 484-489 [cit. 2019-01-31]. ISSN 2285777X.
134. Izatt, M. T., et al. The use of physical biomodelling in complex spinal surgery. *European Spine Journal* [online]. 2007, **16**, 1507-1518 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0289-3>
135. Janda, V. Funkční svalový test. Grada publishing, 1996. ISBN: 80-7169-208-5
136. Janssen, I. et, al. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol* [online]. 2000, **89**(1), 81–88 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
137. Javaid, M., et al. Product design and development using polyjet rapid prototyping technology. *Control Theory Inf* [online]. 2015, **5**(3), 12-20 [cit. 2021-10-04].
138. Javaid, M., et al. Current status and challenges of Additive manufacturing in orthopaedics: an overview. *Journal of clinical orthopaedics and trauma* [online]. 2019, **10**(2), 380-386 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.05.008>
139. Jenkins, S.M., et al. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of Current Literature and Recommendations. *Curr Rev Musculoskelet Med* [online]. 2022, **15**, 170–179 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09752-9>
140. Jiang, CH., et al. Repetitive mechanical stretching modulates transforming growth factor- β induced collagen synthesis and apoptosis in human patellar tendon fibroblasts. *Biochemistry and Cell Biology* [online]. 2012, **90**.5: 667-674 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1139/o2012-024>
141. Jones, D. A., et al. Human muscle strenght training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *The journal of physiology* [online]. 1987, **391**(1), 1-11 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1987.sp016721>

142. Joseph, A. M., et al. Dysregulation of mitochondrial quality control processes contribute to sarcopenia in a mouse model of premature aging. *PLoS One* [online]. 2013, **8**(7), e69327 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069327>
143. Kadi, F., et al. The behaviour of satellite cells in response to exercise: what have we learned from human studies?. *Pflugers Arch - Eur J Physiol* [online]. 2005, **451**, 319–327 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00424-005-1406-6>
144. Kålebo, P., et al. Ultrasonography in the detection of partial patellar ligament ruptures (jumper's knee). *Skeletal Radiol* [online]. 1991, **20**, 285–289 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02341668>
145. Kalina R., et al. Úskalí operační techniky artroskopické rekonstrukce předního zkříženého vazů pomocí šlachy m. semitendinosus s fixací EndoButton position – šestileté zkušenosti. *Úrazová chirurgie*, 2006, **14**(3), 92 – 100.
146. Kapreli, E., et al. Anterior cruciate ligament deficiency causes brain plasticity: a functional MRI study. *Am J Sports Med.* [online]. 2009, **37**(12), 2419-26 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.1177/0363546509343201](https://doi.org/10.1177/0363546509343201)
147. Katsanos, C. S., et al. A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* [online]. 2006, **291**, 381-387 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00488.2005>
148. Kawakami, Y., et al. The relationship between passive ankle plantar flexion joint torque and gastrocnemius muscle and achilles tendon stiffness: implications for flexibility. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 2008, **38**(5), 269-276 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.2519/jospt.2008.2632](https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2632)
149. Kelsch, G., et al. Ultrasound imaging of the anterior cruciate ligament. Possibilities and limits. *Der Unfallchirurg.* [online]. 1996, **99**(2), 119-123. [cit. 2021-10-04]. PMID: 8881227.
150. Knowles, S. B., et al. A prospective study of injury incidence among North Carolina high school athletes. *American journal of epidemiology* [online]. 2006, **164**(12), 1209-1221 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/aje/kwj337>
151. Kochler, M. S., et al. Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee scale for various chondral disorders of the knee. *Journal of Bone and Joint Surgery* [online]. 2004, **86**(6), 1139-1145 [cit. 2022-02-24]. DOI: [10.2106/00004623-200406000-00004](https://doi.org/10.2106/00004623-200406000-00004)
152. Kolář, P. Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, 2012. ISBN: 978-80-7262-657-1.

153. Kolář, P. *Dynamická neuromuskulární stabilizace*. DNS klinický kurz A část I – úvod. Učební text pro účastníky kurzu DNS A. Praha, 2022. 1-11.
154. Koopman, R., et al. Co-ingestion of protein and leucine stimulates muscle protein synthesis rates to the same extent in young and elderly lean men. *Am J Clin Nutr* [online]. 2006, **84**, 623-632 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.3.623>
155. Koopman, R., et al. Co-ingestion of leucine with protein does not further augment post-exercise muscle protein synthesis rates in elderly men. *Br J Nutr* [online]. 2008, **99**, 571-580 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0007114507812013>
156. Kose, O., et al. A comparison of telephone interview versus on-site completion of Lysholm knee score in patients who underwent arthroscopic ACL reconstruction: are the results equivalent?. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [online]. 2015, **25**, 1069–1072 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00590-015-1605-6>
157. Kostek, M. C., et al. Age-related changes in adult muscle morphology. *Curr Aging Sci*. [online]. 2011, **4**(3), 221–233 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2174/1874609811104030221>
158. Kremkau, F. W. *Diagnostic Ultrasound: Principles and Instruments*. Philadelphia, WB Saunders, 1998.
159. Kris Jensen, P. T. MS., et al. The effects of knee effusion on quadriceps strength and knee intraarticular pressure. *Arthroscopy: The journal of Arthroscopic & Related surgery* [online]. 1993, **9**(1), 52-56 [cit. 2021-10-04]. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(05\)80343-3](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(05)80343-3)
160. Kuenze, C. M., et al. Persistent neuromuscular and corticomotor quadriceps asymmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* [online]. 2015, **50**(3), 303-12 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.4085/1062-6050-49.5.06.
161. Laboute, E., et al. Analysis of return to competition and repeat rupture for 298 anterior cruciate ligament reconstructions with patellar or hamstring tendon autograft in sportspeople. *Ann Phys Rehabil Med*. [online]. 2010, **53**(10), 598-614 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/j.rehab.2010.10.002
162. Lai, C. CH., et al. Fifteen-year audit of anterior cruciate ligament reconstructions in the Australian Football League. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. [online]. 2017, **33**(10), E86–E7 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.08.083>

163. Laine, H. R., et al. Ultrasound in the evaluation of the knee and patellar regions. *J Ultrasound Med* [online]. 1987, **6**, 33–36 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.7863/jum.1987.6.1.33>
164. Lephart S. M., et al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *Br J Sports Med*. [online]. 2005, **39**(12), 932-8 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1136/bjism.2005.019083
165. Lepley, A. S., et al. Contributions of neural excitability and voluntary activation to quadriceps muscle strength following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* [online]. 2014, **21**(3), 736-42 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/j.knee.2014.02.008
166. Lerch, T., et al. Initial validation of point cloud data from a 3D body scanner. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2008, **20**(5), 271-280 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/09556220810898881>
167. Lexell, J. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. [online]. 1995, **50**, 11–16 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: https://doi.org/10.1093/gerona/50a.special_issue.11
168. Li, P., et al. Computing surface area and volume of parachutes from 3D scans. *Engineering Computations* [online]. 2005, **22**(4), 393-408 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1108/02644400510598741>
169. Li, X., et al. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: An up-to-date meta-analysis. *International Orthopaedics (SICOT)* [online]. 2013, **37**, 213–226 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1651-1>
170. Lisee, C., et al. Quadriceps Strength and Volitional Activation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health* [online]. 2019, **11**(2), 163-179 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/1941738118822739
171. Logerstedt, D. S., et al. Orthopedic Section of the American Physical Therapy Association. Knee pain and mobility impairments: meniscal and articular cartilage lesions. *J Orthop Sports Phys Ther*. [online]. 2010, **40**(6), A1-A35 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.2519/jospt.2010.0304
172. Lopes, A. J., et al. Integrating stereolithography and direct print technologies for 3D structural electronics fabrication Rapid Prototyping Journal. *To Appear* [online]. 2010.
173. Lu, Y., et al. Perioperative Blood Flow Restriction Rehabilitation in Patients Undergoing ACL Reconstruction: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. [online].

- 2020, **25**, 8(3), 2325967120906822 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/2325967120906822
174. Mall, N. A. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* [online]. 2014, **42**(10), 2363-70 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1177/0363546514542796
175. Mandelbaum, B. R., et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* [online]. 2005, **33**(7), 1003-10 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1177/0363546504272261
176. Manini, T. M., et al. Dynapenie a stárnutí: aktualizace. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* [online]. 2012, **67**(1), 28–40 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/qlr010>
177. *Manuál aplikací a technologie Imoove 3D Elisferický pohyb.* Training Booklet. Physical medicine. Praha, 2015. 1-118.
178. *Manuál cvičení s pacienty po operaci předního zkříženého vazů.* Praha, 2022.1-2.
179. Mardani-Kivi, M., et al. Contralateral and siblings' knees are at higher risk of ACL tear for patients with a positive history of ACL tear. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* [online]. 2020, **28**, 622–8 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05781-z>
180. Marques, F. d. S., et al. Anterior knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. 2020, **8**(10) [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1177/2325967120961082>
181. Masopust, J., et al. *Patobiochemie metabolických drah.* 2. vydání. Univerzita Karlova, 2004. 208 s.
182. Mazieres, B., et al. Adherence to, and results of, physical therapy programs in patients with hip or knee osteoarthritis. Development of French clinical practice guidelines. *Joint Bone Spine* [online]. 2008, **75**(5), 589-596 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2008.02.016>
183. McKay, B. R., et al. Elevated SOCS3 and altered IL-6 signaling is associated with age-related human muscle stem cell dysfunction. *Am J Physiol Cell Physiol.* [online]. 2013, **304**(8), C717–C728 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00305.2012>
184. Mckinnon, L., et al. Body scanning: The effects of subject respiration and foot positioning on the data integrity of scanned measurements. *Journal of Fashion*

- Marketing and Management: An International Journal* [online]. 2002, **6**(2), 103-121 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1108/13612020210429458>
185. McNair, P. J., et al. Swelling of the knee joint: Effects of exercise on quadriceps muscle strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 1996, **77**(9), 896-899 [cit. 2021-10-04]. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90277-4](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90277-4)
186. Meyer, E., et al. Excessive compression of the human tibio -femoral joint causes ACL rupture. *Journal of Biomechanics* [online]. 2005, **38**(11), 2311-2316 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.10.003>
187. Myer, G. D., et al. No association of time from surgery with functional deficits in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: evidence for objective return-to-sport criteria. *Am J Sports Med.* [online]. 2012, **40**(10), 2256-63 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546512454656
188. Myklebust, G., et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med.* [online]. 2003, **13**(2), 71-8 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1097/00042752-200303000-00002
189. Miller, B. F., et al. Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. *J Physiol* [online]. 2005, **567**(3), 1021–1033 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.093690>
190. Moen, R. J., et al. Electron paramagnetic resonance resolves effects of oxidative stress on muscle proteins. *Exerc Sport Sci Rev.* [online]. 2014, **42**(1), 30–36. [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1249/jes.0000000000000004>
191. Mokone, G. G., et al. The COL5A1 gene and Achilles tendon pathology. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* [online]. 2006, **16**(1), 19-26 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00439.x>
192. Moore, D. R., et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men, *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2009, **89**(1), 161–168 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401>
193. Morgan, M. D., et al. Fifteen-year survival of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction in patients aged 18 years and younger. *Am J Sports Med.* [online]. 2016, **44**(2), 384–92 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0363546515623032>
194. Naňka, O. Přehled anatomie. Praha: Galén, 2009. ISBN: 978-80-7262-612-0

195. Nell, E. M., et al. The apoptosis pathway and the genetic predisposition to Achilles tendinopathy. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. 2012, **30**(11), 1719-1724 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jor.22144>
196. Neuman, P., et al. Prevalence of Tibiofemoral Osteoarthritis 15 Years after Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Injury: A Prospective Cohort Study. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2008, **36**(9), 1717-1725 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1177/0363546508316770
197. Nicholas, S. J., et al. The effect on leg strength of tourniquet use during anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* [online]. 2001, **17**(6), 603-607 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1053/jars.2001.24854
198. Noyes, F. R., et al. Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 1987, **15**(2), 149-160 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/036354658701500210
199. Nyland, J., et al. Update on rehabilitation following ACL reconstruction. *Open Access Journal of Sports Medicine* [online]. 2022, **1**, 151-166 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.2147/oajsm.s9327
200. Oberländer, K. D., et al. Altered landing mechanics in ACL-reconstructed patients. *Med Sci Sports Exerc.* [online]. 2013, **45**(3), 506-13 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182752ae3
201. Ohkoshi, Y., et al. The Effect of Cryotherapy on Intraarticular Temperature and Postoperative Care After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 1999, **27**(3), 357-362 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/03635465990270031601
202. Paczesny, Ł., et al. Ultrazvuk kolena. Semináře z ultrazvuku, CT a MRI. WB Saunders [online]. 2011, 114-124 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.sult.2010.11.002>
203. Paddon-Jones, D., et al. Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 2004, **286**, 321-328 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1152/ajpendo.00368.2003
204. Pallafacchina, G., et al. A protein kinase B-dependent and rapamycin-sensitive pathway controls skeletal muscle growth but not fiber type specification. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* [online]. 2002, **99**(14), 9213-9218 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.142166599>

205. Pallafacchina, G., et al. Role of satellite cells in muscle growth and maintenance of muscle mass. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* [online]. 2013, **23**(1), 12-18 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2012.02.002>
206. Palmieri-Smith R. M., et al. Pain and effusion and quadriceps activation and strength. *J Athl Train*. [online]. 2013, **48**(2), 186-91 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.4085/1062-6050-48.2.10
207. Park, H. B., et al. Mapping the rat somatosensory pathway from the anterior cruciate ligament nerve endings to the cerebrum. *J Orthop Res*. [online]. 2005, **23**(6), 1419-24 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/j.orthres.2005.03.017.1100230626
208. Paquette, S. 3D scanning in apparel design and human engineering. *IEEE Computer Graphics and Applications* [online]. 1996, **16**(5), 11-15 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1109/38.536269>
209. Paterno, M. V., et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med*. [online]. 2010, **38**(10), 1968-78 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546510376053
210. Paterno, M. V. Incidence and Predictors of Second Anterior Cruciate Ligament Injury After Primary Reconstruction and Return to Sport. *J Athl Train* [online]. 2015, **50**(10), 1097-9 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.4085/1062-6050-50.10.07
211. Pauček, B., et al. Poranění předního zkříženého vazů – diagnostika magnetickou rezonancí, operační, klinické a rehabilitační souvislosti. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 2014, **21**(3), 103–112.
212. Pavlů, D. *Cvičení se Sanctbandem*. Olomouc, 2014. ISBN: 978-80-87419-37-3.
213. Paxton, E., et al. The reliability and validity of knee-specific and general with health instruments in assessing acute patellar dislocation outcomes. *American Journal of Sports Medicine* [online]. 2003, **31**(4), 487-492 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/03635465030310040201
214. Phillips, S. M., et al. Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *J Am Coll Nutr* [online]. 2005, **24**(2), 134-139 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2005.10719454>
215. Phillips, S. M. Dietary protein for athletes: from requirements to metabolic advantage. *Appl Physiol Nutr Metab* [online]. 2006, **31**(6), 647-654 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1139/h06-035>

216. Pierce, T. P., et al. Risk factors for contralateral ACL injury: a single institution case-control study. *J Knee Surg.* [online]. 2018, **31**(09), 846–50 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: [10.1055/s-0037-1615823](https://doi.org/10.1055/s-0037-1615823)
217. Pietrosimone, B. G., et al. Neural Excitability Alterations After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Athl Train.* [online]. 2015, **50**(6), 665-74 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.4085/1062-6050-50.1.11](https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.1.11)
218. Pietrosimone, B. G., et al. Quadriceps strength and corticospinal excitability as predictors of disability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil.* [online]. 2013, **22**(1), 1-6 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.1123/jsr.22.1.1](https://doi.org/10.1123/jsr.22.1.1)
219. Pikosky, M. A., et al. Aerobic exercise training increases skeletal muscle protein turnover in healthy adults at rest. *J Nutr* [online]. 2006, **136**(2), 379–383 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/136.2.379>
220. Podškubka, A., et al. Artroskopická rekonstrukce předního zkříženého vazů transtibiální technikou štěpem z lig. patellae – výsledky po 5 až 6 letech. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae czechoslovaca*, 2002, **69**(3), 169–174.
221. Qidwai, T., et al. Tumour necrosis factor gene polymorphism and disease prevalence. *Scandinavian journal of immunology* [online]. 2011, **74**(6), 522-547 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3083.2011.02602.x>
222. Ragulová, M., et al. Využití přístrojové technologie v rehabilitaci. zkušenosti z praxe. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2022, **29**(3), 151-157 [cit. 2017-09-04]. ISSN 1211-2658
223. Ragulová, M., et al. Poranění LCA: příklady cvičení, vhodné k prevenci poranění LCA. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2020, **27**(3) ISSN 1211-2658
224. Ragulová, M., et al. Most frequent injuries in female handball players. *AUC Kinanthropologica*. 2019, **55**(2), 78-85. ISSN 1212-142
225. Rahim, M., et al. Modulators of the extracellular matrix and risk of anterior cruciate ligament ruptures. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2017, **20**(2), 152-158 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.07.003>
226. Rasmussen, B. B., et al. Contractile and neural regulation of human muscle growth. *Exerc Sport Sci Rev* [online]. 2003, **31**(3), 127–131 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1097/00003677-200307000-00005>
227. Reid, M. B., et al. Respiratory and limb muscle weakness induced by tumor necrosis factor-alpha: involvement of muscle myofilaments. *Am J Respir Crit Care Med*.

- [online]. 2002, **166**(4), 479–484 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1164/rccm.2202005>
228. Rennie, M. J., et al. Control of the size of the human muscle mass. *Annu Rev Physiol* [online]. 2004, **66**, 799–828 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.66.052102.134444>
229. Reynolds, T. H., et al. Control of Ser2448 phosphorylation in the mammalian target of rapamycin by insulin and skeletal muscle load. *J. Biol. Chem.* [online]. 2002, **277** (20) 17657–17662 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1074/jbc.m201142200>
230. Rice, D., et al. Effects of Cryotherapy on Arthrogenic Muscle Inhibition Using an Experimental Model of Knee Swelling. *Arthritis Care & Research* [online]. 2009, **61**(1), 78-83 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.24168>
231. Rickaby, R., et al. Variation within three apoptosis associated genes as potential risk factors for Achilles tendinopathy in a British based case–control cohort. *Gene* [online]. 2015, **571**(2), 167-171 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2015.06.010>
232. Richter, J., et al. Diagnosis of acute rupture of the anterior cruciate ligament. Value of ultrasonic in addition to clinical examination. *Der Unfallchirurg* [online]. 1996, **99**(2), 124-129 [cit. 2021-10-04]. PMID: 8881228.
233. Roberts, C., et al. Review article diagnostic ultrasonography: applications in orthopaedic surgery. *Clinical Orthopaedics and Related Research* [online]. 2002, **401**, 248-264 [cit. 2021-10-04].
234. Robertson, G. A., et al. Knee stiffness following anterior cruciate ligament reconstruction: the incidence and associated factors of knee stiffness following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* [online]. 2009, **16**(4), 245-7 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.1016/j.knee.2008.12.014](https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.12.014)
235. Rommel, C., et al. Mediation of IGF-1-induced skeletal myotube hypertrophy by PI(3)K/Akt/mTOR and PI(3)K/Akt/GSK3 pathways. *Nat Cell Biol* [online]. 2001, **3**(11), 1009–1013 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ncb1101-1009>
236. Rosenberg, I. H. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr.* [online]. 1997; **127**(5), 990S–991S [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.990s>

237. Ryan, Richard M., et al. Facilitating health behaviour change and its maintenance: Interventions based on self-determination theory. *European Health Psychologist* [online]. 2008, **10**(1), 2-5 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <http://www.ehps.net/ehp>
238. Ryan, R. M., et al. Perceived locus of causality and internalization: examining reasons for acting in two domains. *Journal of personality and social psychology* [online]. 1989, **57**(5), 749 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-3514.57.5.749>
239. Salleh, M. N. B., et al. Customised pressure garment development by using 3D scanned body image. *Research Journal of textile and Apparel* [online]. 2011, **15**(4), 9-18. [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1108/RJTA-15-04-2011-B002>
240. Salmon L., et al. Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* [online]. 2005, **21**(8), 948–57 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.04.110>
241. Seminati, E., et al. Validity and reliability of a novel 3D scanner for assessment of the shape and volume of amputees' residual limb models. *PLoS ONE* [online]. 2017, **12**(9), e0184498 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184498>
242. Sekyrová, M. *PNF (proprioceptivní neuromuskulární facilitace)*. Učební text pro studenty 1.LF UK obor fyzioterapie. Praha, 2012, 1-44.
243. September, A. V., et al. A pathway-based approach investigating the genes encoding interleukin-1 β , interleukin-6 and the interleukin-1 receptor antagonist provides new insight into the genetic susceptibility of Achilles tendinopathy. *British journal of sports medicine* [online]. 2011, **45**(13), 1040-1047 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2010.076760>
244. Shefer, G., et al. Satellite-cell pool size does matter: defining the myogenic potency of aging skeletal muscle. *Dev Biol.* [online]. 2006, **294**(1), 50–66 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.02.022>
245. Sheffield-Moore, M., et al. Postexercise protein metabolism in older and younger men following moderate-intensity aerobic exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 2004, **287**, 513–522 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00334.2003>
246. Shelbourne, K. D., et al. Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med.* [online]. 2009, **37**(2), 246–51 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546508325665>

247. Shelbourne, K. D., et al. Minimum 10-year results after anterior cruciate ligament reconstruction: how the loss of normal knee motion compounds other factors related to the development of osteoarthritis after surgery. *Am J Sports Med.* [online]. 2009, **37**(3), 471-80 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546508326709.
248. Shelbourne, K. D., et al. Loss of normal knee motion after anterior cruciate ligament reconstruction is associated with radiographic arthritic changes after surgery. *Am J Sports Med.* [online]. 2012, **40**(1), 108-13 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/0363546511423639
249. Shelbourne, K. D., et al. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *Am J Sports Med.* [online]. 2000, **28**(4), 446-52 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1177/03635465000280040201. PMID: 10921633.
250. Shino, K., et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by allogeneic tendon graft. An operation for chronic ligamentous insufficiency. *J Bone Joint Surg Br.* [online]. 1986, **68**(5), 739-746 [cit. 2021-10-04]. DOI:10.1302/0301-620X.68B5.3782235
251. Short, K. R., et al. Age and aerobic exercise training effects on whole body and muscle protein metabolism. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 2004, **286**, 92–101 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00366.2003>
252. Schiaffino, S., et al. Cell proliferation in rat skeletal muscle during early stages of compensatory hypertrophy. *Virchows Arch. Abt. B Zellpath* [online]. 1972, **11**, 268–273 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02889406>
253. Schiaffino, S., et al. The fate of newly formed satellite cells during compensatory muscle hypertrophy. *Virchows Arch. B Cell Path* [online]. 1976, **21**, 113–118 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02899148>
254. Schmitt, L. C., et al. Strength Asymmetry and Landing Mechanics at Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* [online]. 2015, **47**(7), 1426-34 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000560
255. Schoenfeld, B. J., et al. Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* [online]. 2016, **46**, 1689–1697 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
256. Singla, R., et al. The course of knee extensor strength after total knee arthroplasty: a systematic review with meta-analysis and -regression. *Arch Orthop Trauma*

- Surg* [online]. 2023, [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04750-5>
257. Skenování ve 3D. *Využití 3D skenování v lékařství* [online]. ABBAS, a.s. c2011-2022 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://www.skenovanive3d.cz/skenovani/kde-skener-vyuzit/lekarstvi/>
258. Sluijs, E. M., et al. Correlates of exercise compliance in physical therapy. *Physical therapy* [online]. 1993, **73**(11), 771-782 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ptj/73.11.771>
259. Smékal, D., et al. Remodelace štěpu a vhojení štěpu do kostěného tunelu po artroskopické náhradě předního zkříženého vazů. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*. 2014, **21**(3), 114–23.
260. Smith, K., et al. Effects of flooding amino acids on incorporation of labeled amino acids into human muscle protein. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 1998, **275**, 73–78 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1998.275.1.E73>
261. Stoppani, J. *Velká kniha posilování*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN: 978-80-247-2204-7.
262. Sugimoto, D. et al. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *Br J Sports Med*. [online]. 2016, **50**(20), 1259-1266 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095596
263. Symons, T. B., et al. Aging does not impair the anabolic response to a protein-rich meal. *Am J Clin Nutr* [online]. 2007, **86**, 451-456 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.451>
264. Telfer, S., et al. Monitoring changes in knee surface morphology after anterior cruciate ligament reconstruction surgery using 3D surface scanning. *The knee* [online]. 2020, **27**(1), 207-213 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/j.knee.2019.10.004
265. Telfer, S., et al. The use of 3D surface scanning for the measurement and assessment of the human foot. *J Foot Ankle Res* [online]. 2010, **3**, 1-9 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1186/1757-1146-3-19>
266. Thampatty, B. P., et al. EP4 receptor regulates collagen type-I, MMP-1, and MMP-3 gene expression in human tendon fibroblasts in response to IL-1 β treatment. *Gene* [online]. 2007, **386**(1-2), 154-161 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2006.08.027>

267. Thomas, A. C., et al. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sci Med Sport*. [online]. 2016, **19**(1), 7-11 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1016/j.jsams.2014.12.009
268. Tipton, K. D., et al. Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 2007, **292**, 71-76 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00166.2006>
269. Tipton, K. D., et al. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* [online]. 2004, **36**, 2073-2081 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000147582.99810.c5>
270. Tipton, K. D., et al. Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol Endocrinol Metab* [online]. 1999, **276**, 628–634 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1999.276.4.E628>
271. Tipton, K. D., et al. Muscle protein metabolism in female swimmers after a combination of resistance and endurance exercise. *J Appl Physiol* [online]. 1996, **81**(5), 2034–2038 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.5.2034>
272. Tipton, K. D., et al. Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *J Nutr Biochem* [online]. 1991, **10**, 89–95 [cit. 2021-10-04]. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0955-2863\(98\)00087-4](https://doi.org/10.1016/s0955-2863(98)00087-4)
273. Torabi, M., et al. Clinical relevance and imaging features of isolated single bundle anterior cruciate tear and single bundle augmentation. *Clinical Imaging* [online]. 2013, **37**(5), 830–835 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2013.05.002>
274. Trappe, S., et al. New records in aerobic power among octogenarian lifelong endurance athletes. *J Appl Physiol* [online]. 2013, **114**(1), 3–10 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01107.2012>
275. Trojani, C., et al. Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* [online]. 2011, **19**(2), 196-201 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1007/s00167-010-1201-6
276. Umehara, T., et al. Not only muscle mass but also muscle quality is associated with knee extension muscle strength in patients with hip fractures. *Arch Osteoporos* [online]. 2023, **18**(54) [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11657-023-01251-9>
277. Vacek, P. M., et al. Multivariate analysis of the risk factors for first-time noncontact ACL injury in high school and college athletes: a prospective cohort study with a nested, matched case-control analysis. *Am J Sports Med.* [online]. 2016, **44**(6), 1492–501 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0363546516634682>

278. Vallerand, R. J. Deci and Ryan's self-determination theory: A view from the hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Psychological inquiry* [online]. 2000, **11**(4), 312-318 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/1449629>
279. Vallerand, R. J. Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. In: *Advances in experimental social psychology* [online]. Academic Press, 1997, 271-360.
280. Grinsven, S., et al. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [online]. 2010, **18**, 1128–1144 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00167-009-1027-2>
281. Van Holsbeec, MT., et al. Physical Principles of Ultrasound Imaging. In Bralow L (ed). *Musculoskeletal Ultrasound* [online]. 2001, **2**, 1–7, [cit. 2021-10-04].
282. Véle, F. Kineziologie. Praha: TRITON, 2006. ISBN: 80-7254-837-9
283. Véle, F. Kineziologie pro klinickou praxi. Praha: Grada, 1997. ISBN: 80-7169-256-5
284. Verdijk, L. B. et al. Satellite cell content is specifically reduced in type II skeletal muscle fibers in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* [online]. 2007, **292**(1), E151–E157 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00278.2006>
285. Virginia, A. H. et al. Longitudinal Muscle Strength Changes in Older Adults: Influence of Muscle Mass, Physical Activity, and Health. *The Journals of Gerontology: Series A* [online]. 2001, **56** (5), B209–B217 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/56.5.B209>
286. Vlčková, E., et al. Vyšetření senzitivity. *Cesk Slov Neuro N* [online]. 2014, **77/110**(4), 402-418 [cit. 2021-10-04].
287. Vrána L. *Bílkoviny ve stravě*. Škola klinické naturopatie. 2019.
288. Vyas, D. R., et al. GSK-3 β negatively regulates skeletal myotube hypertrophy. *Am. J. Physiol.* [online]. 2002, **283**(2), C545–C551 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00049.2002>
289. Wang, Y., et al. Mechanisms for fiber-type specificity of skeletal muscle atrophy. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* [online]. 2013, **16**(3), 243–250 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/mco.0b013e328360272d>
290. Wang, J. et al. Anthropometry in Body Composition: An Overview. *Annals of the New York Academy Sciences* [online]. 2006, **904**(1), 317-326 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06474.x
291. Webster, K. E., et al. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports*

- Med.*[online]. 2014, **42**(3), 641–7 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0363546513517540>
292. Werner, J. L., et al. Decision to return to sport participation after anterior cruciate ligament reconstruction, part II: self-reported and functional performance outcomes. *Journal of athletic training* [online]. 2018, **53**(5), 464-474 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-328-16>
293. Westin, M., et al. The correlation between anterior cruciate ligament injury in elite alpine skiers and their parents. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* [online]. 2016, **24**, 697–701 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00167-014-2974-9>
294. Wilczynska, D., et al. Imagery use in rehabilitation after the knee joint arthroscopy. *Balt J Health Phys Act.* [online]. 2015, **7**(4): 93-101 [cit. 2022-02-24]. DOI: [10.29359/BJHPA.07.4.09](https://doi.org/10.29359/BJHPA.07.4.09)
295. Wildman, R., et al. *Sports and fitness nutrition*. USA: Wadsworth/Thomson Learning. 2004, 509 s. ISBN: 0-534-57564-1
296. Wilk, K. E., et al. Preoperative phase in the rehabilitation of the patient undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *Operative Techniques in Sports Medicine* [online]. 2016, **24**(1), 12-20 [cit. 2022-02-24]. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2015.10.003>
297. Wilkinson, S. B., et al. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *J Physiol* [online]. 2004, **36**, 2073-2081 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.153916>
298. Wilkinson, S. B., et al. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *J Physiol* [online]. 2008, **586**(15), 3701–3717 [cit. 2021-10-04]. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.153916>
299. Williams, G. C. 11: Improving patients' health through supporting the autonomy of patients and providers. *Handbook of self-determination research* [online]. 2002, **233** [cit. 2022-02-24].
300. Williams, G. N., et al. Quadriceps weakness, atrophy, and activation failure in predicted noncopers after anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* [online]. 2005, **33**(3), 402-7 [cit. 2021-10-04]. DOI: [10.1177/0363546504268042](https://doi.org/10.1177/0363546504268042)

301. World Health Organization [online]. Geneva: World Health Organization, c2015. [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <http://www.who.int/>
302. Wright, R. W., et al. Ipsilateral graft and contralateral following ACL reconstruction. *J Bone Jt Surg Am.* [online]. 2011, **93**(12), 1159–65 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.2106/JBJS.J.00898
303. Wright, A. R., et al. Effectiveness of Accelerated Recovery Performance for Post-ACL Reconstruction Rehabilitation. *Hawaii J Health Soc Welf.* [online]. 2019, **78**(11 Suppl 2), 41-46 [cit. 2021-10-04]. PMID: 31773110; PMCID: PMC6874690.
304. Wright, R. W., et al. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *J Knee Surg.* [online]. 2008, **21**(3), 225-34 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1055/s-0030-1247823
305. Wylie, J. D., et al. Etiologic Factors That Lead to Failure After Primary Anterior Cruciate Ligament Surgery. *Clin Sports Med.* [online]. 2017, **36**(1), 155-172 [cit. 2021-10-04]. DOI: 10.1016/j.csm.2016.08.007
306. Yang, G., et al. Repetitive mechanical stretching modulates IL-1 β induced COX-2, MMP-1 expression, and PGE2 production in human patellar tendon fibroblasts. *Gene* [online]. 2005, **363**: 166-172 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2005.08.006>
307. Yin, H., et al. Satellite cells and the muscle stem cell niche. *Physiol Rev.* [online]. 2013, **93**(1), 23–67 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/physrev.00043.2011>
308. Zhang, Y., et al. Anterior Cruciate Ligament Injuries Alter the Kinematics of Knees With or Without Meniscal Deficiency. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2016, **44**(12), 3132-3139 [cit. 2022-02-24]. DOI: 10.1177/0363546516658026

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Vyjádření etické komise

Příloha č. 2: Informovaný souhlas

Příloha č. 3: Seznam obrázků

Příloha č. 4: Seznam tabulek

Příloha č.1 Vyjádření Etické komise

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

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Změny svalového objemu u dolní končetiny po operaci předního zkříženého vazy u sportovců, u kterých dominuje výskok a dopad na jednu dolní končetinu.

Forma projektu: výzkumná práce – doktorská práce

Období realizace: leden 2019 – leden 2021

Předkladatel: Mgr. Michaela Ragulová

Hlavní řešitel: Mgr. Michaela Ragulová

Místo výzkumu (pracoviště): kineziologická laboratoř FTVS UK a laboratoř biomechaniky FTVS UK

Vedoucí práce (v případě studentské práce): Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Finanční podpora: Po konzultaci se školícím pracovištěm – katedra fyzioterapie FTVS UK bude projekt zařazen do projektu PROGRES. Pro veškeré měření bude využita aparatura katedry.

Popis projektu: Jedná se o observační longitudinální studii. Cílem práce je porovnání změn svalového objemu u dolních končetin po operaci předního zkříženého vazy pomocí 3D scanneru a Posturografu, včetně návrhu efektivní terapie, která by znovu navrátila hodnoty svalového objemu na původní, tedy na ty, co byly před poraněním předního zkříženého vazy. Výzkum bude rozdělen do dvou částí. V první části se zaměřím na zpracování teoretických podkladů u kineziologii kolenního kloubu, biomechanice poranění předního zkříženého svalu, svalová nerovnováha dolních končetin, funkční stabilita kolenního kloubu, poranění předního zkříženého vazy u házenkářů, basketbalistů, fotbalistů. Teoretické poznatky budu čerpat z minulosti ověřených zdrojů. Budu k tomu využívat databáze jako Web of Science, Pubmed, Medline, Scopus, a další. Použita budou klíčová slova: ligamentum cruciatum anterior, knee, muscles, injury, handball, basketball, fotbal. Ve druhé části bude provedeno dotazníkové šetření, kde budou probandí odpovídat na otázky týkající se svých zranění ve sportu a poté bude následovat měření pomocí 3D skeneru a Posturografu. Probandi budou rozděleni do dvou skupin – skupina zaměřená na funkční složku a skupina zaměřená na silovou složku. Současně bude vybrána kontrolní skupina, která nebude po operaci zkříženého vazy. Získaná data budou nakonec statisticky vyhodnocena a porovnána.

Charakteristika účastníků výzkumu: Výzkum bude probíhat s třiceti probandů, kteří prodělali plastiku předního zkříženého vazy kolenního kloubu. Probandi budou sportovci hrající házenou, basketbal, fotbal. Probandi budou rozděleni do tří skupin-dvě skupiny experimentální a jedna kontrolní. První experimentální skupinu budou tvořit probandí, kteří se ve své fyzioterapii po plastice předního zkříženého vazy kolenního kloubu soustředí na funkční složku kolenního kloubu, tzn. například nácvik stability pomocí nestabilních plošin. Ve druhé experimentální skupině se probandí budou soustředit na silovou složku kolenního kloubu, tzn. svaly kolem kolenního kloubu – m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, quadriceps femoris, mm. gastrocnemii.

Kritéria výběru probanda jsou následující (30 probandů):

Věk probanda 20-30 let

První operace na dolní končetině – plastika předního zkříženého vazy

Hraní (fotbalu, házené, basketbalu) minimálně 8 let

Plastika LCA – přední přístup – štep z ligamenta patellae

Kritéria kontrolní skupina probandů (30 probandů):

Stejná věková kategorie 20-30 let

Nikdy neprodělali operaci na dolní končetině – plastika LCA

Nevěnují se sportu vrcholově

V průběhu měření nemají akutní bolesti dolních končetin

Zajištění bezpečnosti: Jedná se o neinvazivní metody měření, během kterých nebude poškozen kožní kryt ani zdraví pacienta. Vyšetření bude bezpečné. 3D scanner je v laboratoři biomechaniky a budou přítomní pracovníci, kteří s ním pracují a konzultant, Ing. Kubový. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Výzkumu se zúčastní plnoletí a svéprávní probandí. Přínosem práce bude zjištění, zda se sportovci po plastice předního zkříženého vazy dostanou na původní hodnoty svalového objemu za jak dlouho a zda cvičení pro ně bude efektivní vzhledem k dané problematice. Získaná data budou zpracována a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v doktorské práci, případně časopisu, monografiích, prezentována na konferencích, případně využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Pokud budou pořízeny fotografie, tak pouze v programu, kde bude jen dolní končetina, bez horního trupu a obličej pacienta.

Text informovaného souhlasu: příložen

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.

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

Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 8. 1. 2019

Podpis předkladatele:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

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

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 249/2018

dne: 11. 1. 2019

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

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6
UK FTVS
- 20 -

podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

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

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,
v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů 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 v rámci disertační práce doktorského studia s názvem Vliv fyzioterapeutické intervence na změnu svalového objemu stehna po operaci LCA prováděné na RK Malvazinky.

Po konzultaci se školícím pracovištěm – katedra fyzioterapie FTVS UK bude projekt zařazen do projektu COOPERATIO. Pro ultrasonografické vyšetření bude využita aparatura katedry. Pro 3D měření pomocí skeneru bude využit skener, ACADEMIA50, zapůjčený firmou SolidVision, s.r.o.

Cílem práce je vyhodnotit vliv cílené fyzioterapeutické intervence u pacientů po operaci předního zkříženého vazů ve vztahu ke svalovému objemu stehna.

V rámci tohoto výzkumu bude provedeno dotazníkové šetření – standardizovaný dotazník hodnotící funkční stav kolenního kloubu po poranění LCA, a poté bude následovat měření pomocí 3D skeneru a ultrazvuku. Jedná se o měření, které bude probíhat na rehabilitační klinice Malvazinky – neinvazivní metoda, nebude porušena integrita kůže. Diagnostická ultrasonografie je forma vyšetřovací metody zaměřená na vyšetření měkkých tkání. Poloha pacienta během vyšetření je vleže na zádech, kdy kolenní kloub je vypodložen tak, aby byla mírná flexe kolenního kloubu (20 stupňů). Ultrasonografie se skládá z hlavice, kterou budu přejíždět po suprapatelárním prostoru, vnitřní straně kolene a v oblasti Bakerovy cysty a budu zjišťovat přítomnost výpotku uvnitř kloubu. Při měření s 3D skenerem bude pacient sedět na kraji lehátka, kdy měřená dolní končetina bude natažená a druhá dolní končetina bude flektovaná v koleni a opřena o stoličku. Tyto dvě metody budou doplněny o další vyšetření, a to v podobě ladičky, na zjištění propriocepce, dále goniometr na zjištění rozsahu kolenního kloubu do flexe a extenze, svalový test dle Jandy na zjištění svalové síly quadricepsu femoris a hamstringu a rozložení váhy pomocí dvou vah. Vyšetření vždy bude probíhat ráno na lačno. Jedno vyšetření bude probíhat přibližně 30 minut, pacienti se budou dohromady účastnit dvou měření – první měření těsně před operací LCA a druhé po tříměsíční fyzioterapeutické intervenci.

Při vyšetření budou respektovány Vaše subjektivní pocity. Osobní data v této studii nebudou uvedena, za účast nebude udělena odměna. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Veškeré vyšetřovací i terapeutické metody jsou zcela neinvazivní a bezbolestné. Přínosem doktorské práce bude zjištění, zda individuální fyzioterapeutickou intervencí docílíme návratu svalového objemu stehna na původní hodnoty, které získáme měřením i druhé neoperované dolní končetiny, za tři měsíce po operaci LCA než u těch, kteří budou mít skupinové fyzioterapeutické lekce. Tudiž bych chtěla poukázat na to, že individuální fyzioterapeutický přístup po operaci LCA je lepší než ten skupinový. Získaná data budou zpracována a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v doktorské práci, případně časopisu, monografiích, prezentována na konferencích, případně využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Pokud budou pořízeny fotografie, tak pouze v programu, kde bude jen dolní končetina, bez horního trupu a obličeje pacienta.

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu Mgr. Michaela Ragulová Podpis:

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení 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. 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.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha č. 3 Seznam obrázků

Obrázek 1 – anatomie předního zkříženého vazů. Začíná na dorzální části mediální plochy zevního kondylu femuru, upíná se na area intercondylaris anterior. Skládá se ze dvou svazků – AM (anteriomedialní), PL (posterolaterální). Cévní zásobení vazů – arteria genicularis media.	16
Obrázek 2 - A – změny v syntéze svalových proteinů (MPS) a odbourávání svalových proteinů (MPB) v závislosti na příjmu aminokyselin. B – změny MPS a MPB v závislosti na odporovém cvičení a příjmu aminokyselin. Chronická aplikace těchto anabolických stimulů má za následek svalovou hypertrofii.	23
Obrázek 3 – buněčné a molekulární změny na úrovni svalových vláken přispívající ke stárnutí svalů.	28
Obrázek 4 - schématické znázornění následných účinků cytokinů IL-1 β a IL-6, které jsou upregulovány v reakci na mechanické zatížení vazů. Cytokiny iniciují signální kaskády, které vedou k fibróze, apoptóze, degradaci ECM, která kulminuje v remodelaci matrice k udržení homeostázy. Aktivace/upregulace znázorněna (→), inhibice/downregulace znázorněna (-•). Zkratky:, IL-1 β : interleukin-1 β , IL-6 interleukin-6, IL-6R: receptor interleukinu-6, COX: cyklooxygenáza, MMPs: matricové metaloproteinázy, NF-KB: jaderný faktor- KB , PGE ₂ : prostaglandin E ₂ , ROS: reaktivní formy kyslíku, TGF- β : transformující růstový faktor β , TIMPs : tkáňové inhibitory metaloproteináz, TNF- α : tumor nekrotizující faktor- α , TNFR1: tumor nekrotizující faktor receptor 1 (také známý jako TNF receptor super rodina 1A), TNFR2: receptor faktoru nekrózy nádorů 1 (také známý jako superrodina receptoru TNF 1B).	34
Obrázek 5 - vizuální znázornění třífázového programu pohybové rekvalifikace po rekonstrukci LCA.	48
Obrázek 6 - vizuální znázornění pohybového kontinua, založené jak na intenzitě, tak na složitosti jednotlivých pohybů. Intenzita úkolu zohledňuje: rozsah vnějších reakčních sil, vnitřní zatížení kloubů a nervosvalové aktivační/svalové síly. Úkoly berou v úvahu úkol prováděný při maximální rychlosti s tělesnou hmotností, ale úkoly lze manipulovat s omezením úkolu pro zvýšení zatížení, snížení intenzity/rychlosti akcí nebo přidání omezení pro zvýšení či snížení stability. Sekce 1-3 jsou zarovnané do tří fází pohybového přetrénování po rekonstrukci LCA. BW tělesná hmotnost), BL (bilaterální), RM (maximum opakování), SL (jedna DK), KG (kilogram), DJ (skok), HSR (vysokorychlostní běh).	49
Obrázek 7 - Imoove - nestabilní plošina zabývající se trojrozměrným pohybem.	51

Obrázek 8 - předem nastavené rehabilitační programy zaměřené na jednotlivé segmenty těla	51
Obrázek 9 - rozložení náhodně rozmístěných targetů po obvodu stehna, jak po dorzální i ventrální straně stehna.	62
Obrázek 10 - určení rovin řezu a následné vytvoření ořezu stehna v oblasti vastus lateralis et medialis a trochanteru major femoris (vlevo). Na druhém obrázku (vpravo) vidíme výpočet svalového objemu (volume) v mm ³	63
Obrázek 11 - A) snímek ze sonografického vyšetření suprapatelárního prostoru, B) oblast vnitřní strany kloubní štěrbiny. Červenou barvou je znázornění tekutiny uvnitř kolenního kloubu.	64
Obrázek 12 – vyšetření svalové síly hamstringů vleže na břiše pro stupeň 3, 4, 5. Vynechala jsem měření stupně 0-2 neboť pacienti neměli problém s překonáním zemské tíže.	65
Obrázek 13 - vyšetření svalové síly m. quadriceps femoris vleže na zádech pro stupeň 3, 4, 5. Vynechala jsem měření stupně 0-2 neboť pacienti neměli problém s překonáním zemské tíže.	65
Obrázek 14 – vyšetření zkrácených svalů (flexorů kyčelního kloubu) vleže na zádech s DK přes okraj lehátka.	66
Obrázek 15 – vyšetření zkrácených svalů (hamstringů) vleže na zádech.	67
Obrázek 16 - rozsah pohybu v kolenním kloubu.	67
Obrázek 17 - protažení – varianta A (na přední stranu stehna, alternativa s vypodložením stehna zaměřené na iliopsoas), varianta B (na semí svaly), varianta C (na m. biceps femoris).	74
Obrázek 18 - posílení m. quadriceps femoris izometricky s overballem – varianta A (na m. rectus femoris), varianta B (na m. vastus lateralis), varianta C (na m. vastus medialis).	75
Obrázek 19 - varianta A – izometrické posílení adduktorů a abduktorů kyčle, varianta B – izometrické posílení m. quadriceps femoris, varianta C – izometrické posílení hamstringy. Varianta B a C s koulením nohy po míčku a tím zvětšování rozsahu pohybu do flexe s nácvikem do plné extenze.	75
Obrázek 20 - analytické posilování s therabandem – varianta A – do flexe v kyč. kl. varianta B – cvičení do 2. diagonály dle PNF s therabandem, varianta C – 1. diagonála dle PNF s therabandem.	76
Obrázek 21 - analytické posilování s therabandem do abdukce v kyč. kl.	77
Obrázek 22 - analytické posilování s therabandem do extenze v kyč. kl.	78
Obrázek 23 - výpony o schod – na posílení lýtkových svalů.	78

Obrázek 24 - modifikace chůze – varianta A – chůze do stran s therabandem kolem kolen, v mírném podřepu, varianta B – čapí chůze.	79
Obrázek 25 - další alternativy – varianta A - izometrického posílení m.quadriceps femoris, varianta B – protažení hamtringy ve stoje.	80
Obrázek 26 - stoj na 1 DK bez nestabilní plošiny – s overballem, který pacient pokládá a následně zvedá do obrazce hodin.	80
Obrázek 27 - stoj na 1DK – varianta A – normální stoj, varianta B – s vyloučením rukou, varianta C – se zavřenýma očima.	81
Obrázek 28 - nácvik výpadu vpřed – varianta A – bez podložky, varianta B – s balanční podložkou.	81
Obrázek 29 - varianta A – nácviky výpadů – výpad do stran, nejprve bez poté s balanční podložkou. Nácvik výpadů do všech stran ve směru hodin. Varianta B – cvičení na nestabilních plošinách.	82
Obrázek 30 -DNS sestava – z korigovaného stoje – hluboký dřep – do pozice nízkého medvěda – do pozice vysokého medvěda – v něm zacvičení FX - EX kol. kl. – do nízkého medvěda – do hlubokého dřepu – korigovaného stoje.	83
Obrázek 31 - varianta A – nácvik dřepu se závažím v ruce, varianta B – aktivace HSS v pozici na zádech s použitím therabandu.	84
Obrázek 32 - nácvik stability na gymnastickém míči, varianta A – výchozí pozice, varianta B – úklon do strany.	85
Obrázek 33 - svalový objem v 6. týdnu po operaci LCA u operované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci.	89
Obrázek 34 - svalový objem v 15. týdnu po operaci LCA u operované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci.	90
Obrázek 35 – výzkumná skupina, která měla individuální terapie po dobu 9. týdnů. Znázorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci.	91

Obrázek 36 - kontrolní skupina, která měla skupinovou terapii. Znázorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna operované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), v pravém obrázku jsou zobrazené stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci.	92
Obrázek 37 - svalový objem v 6. týdnu po operaci LCA u neoperované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci. ..	93
Obrázek 38 - svalový objem v 15. týdnu po operaci LCA u neoperované dolní končetiny. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci. ..	94
Obrázek 39 - výzkumná skupina, která měla individuální terapie po dobu 9. týdnů. Znázorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci.	95
Obrázek 40 - kontrolní skupina, která měla skupinovou terapii. Znázorněné první měření v 6. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (zelená barva) a druhé měření v 15. týdnu po operaci svalového objemu stehna neoperované dolní končetiny (červená barva). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (naměřené hodnoty svalového objemu v mm ³), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty svalového objemu v mm ³ po logaritmické transformaci.	96
Obrázek 41 – výsledky Lysholm knee score v 6. týdnu po operaci LCA. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.	97
Obrázek 42 - výsledky Lysholm knee score v 15. týdnu po operaci LCA. Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.	98

Obrázek 43 - výzkumná skupina Lysholm knee score v 6. týdnu (dotazník zpracován během první návštěvy) a v 15. týdnu (během poslední návštěvy). Červená barva (15. týden), zelená barva (6. týden). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.....	98
Obrázek 44 - kontrolní skupina Lysholm knee score v 6. týdnu (dotazník zpracován během první návštěvy) a v 15. týdnu (během poslední návštěvy). Červená barva (15. týden), zelená barva (6. týden). Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (bodové ohodnocení Lysholm knee score), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty bodového ohodnocení Lysholm knee score po logaritmické transformaci.....	99
Obrázek 45 - výsledky rozdílů v příjmu bílkovin (g). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů, pravý hodnoty, které byly dekadicky zlogaritmovány. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (příjem bílkovin v g), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty v příjmu bílkovin v g po logaritmické transformaci.	100
Obrázek 46 – výsledky rozdílů v příjmu energie (kcal). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů, pravý hodnoty, které byly dekadicky zlogaritmovány. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (příjem energie v kcal), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty v příjmu energie v kcal po logaritmické transformaci.	101
Obrázek 47 - výsledky rozdílů aerobního pohybu (min). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů, pravý hodnoty, které byly dekadicky zlogaritmovány. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (aerobní pohyb v min), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty aerobního pohybu v min po logaritmické transformaci.	102
Obrázek 48 - výsledky rozdílů odporového cvičení (v min). Červená barva znázorňuje kontrolní skupinu, zelená výzkumnou. Levý obrázek znázorňuje originální získaná data od probandů (odporový trénink v min), pravý obrázek zobrazuje stejné hodnoty odporového tréninku v min, po logaritmické transformaci.	103

Příloha č. 4 Seznam tabulek

Tabulka 1 – hrubý odhad energetického výdaje dle faktoru a typu aktivity.	27
Tabulka 2 - průměrný věk (roky), váha (kg) a výška probandů (cm)	61
Tabulka 4 - Lysholm knee score – dotazník, který hodnotí funkční stav kolene po operacích. Dotazník byl vyplněný při první návštěvě v 6. týdnu po operaci a během poslední návštěvy v 15. týdnu po operaci.	69
Tabulka 5 - výzkumná skupina a jejich jednotlivé parametry – pohlaví, OP (operovaná DK – L (levá), P (pravá)), věk (roky), výška (cm), váha (kg), dvě váhy (kg), Lysholm knee score (bodové ohodnocení). Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu v 6 T (6. týdnu) a v 15 T (15. týdnu). Hodnocení rozdílu pomocí dvou vah (4.3.6 Měření a sběr dat pomocí dvou vah), hodnocení bodového rozdílu Lysholm knee score (4.3.7 Měření a sběr dat pomocí standardizovaného dotazníku Lysholme knee score).	104
Tabulka 6 - kontrolní skupina a jejich jednotlivé parametry – pohlaví, OP (operovaná DK – L (levá), P (pravá)), věk (roky), výška (cm), váha (kg), dvě váhy (kg), Lysholm knee score (bodové ohodnocení) v 6 T (6. týdnu) a v 15 T (15. týdnu). Hodnocení rozdílu pomocí dvou vah (4.3.6 Měření a sběr dat pomocí dvou vah), hodnocení bodového rozdílu Lysholm knee score (4.3.7 Měření a sběr dat pomocí standardizovaného dotazníku Lysholme knee score).	105
Tabulka 7 - výzkumná skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní flexi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – flexe (FX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.	106
Tabulka 8 - výzkumná skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní extenzi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – extenze (EX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.	107
Tabulka 9 - výzkumná skupina (n=10) - vyšetření svalové síly v 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnu u m. quadriceps femoris (MQF) a hamstringy (HAM). Hodnocení svalové síly (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněny významné hodnoty.	108

Tabulka 10 - výzkumná skupina – vyšetření zkrácených svalů – flexorů kyčelního kloubu (FKK) a hamstringy (HAM) v 6. (6 T) a 15. (15 T) pooperačním týdnu. Hodnocení zkrácených svalů (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněné rozdílové hodnoty mezi prvním a posledním měřením.....	109
Tabulka 11 – kontrolní skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní flexi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – flexe (FX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.	110
Tabulka 12 – kontrolní skupina – rozdíl mezi 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnem po operaci LCA v aktivní a pasivní extenzi v kolenním kloubu (OP – operovaná DK, L (levá), P (pravá), ROM – extenze (EX), aktivní (AP) i pasivní (PP). Hodnocení rozsahu pohybu (4.3.5 Měření a sběr dat pomocí goniometrie). Uvedené hodnoty jsou ve stupních. Pod červenou barvou jsou zvýrazněné výsledky, které nám ukazují změnu.	110
Tabulka 13 - kontrolní skupina (n=10) - vyšetření zkrácených svalů – flexorů kyčelního kloubu (FKK) a hamstringy (HAM) v 6. (6 T) a 15. (15 T) pooperačním týdnu. Hodnocení zkrácených svalů (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněné rozdílové hodnoty mezi prvním a posledním měřením.....	111
Tabulka 14 - kontrolní skupina – vyšetření svalové síly v 6. (6 T) a 15. (15 T) týdnu u m. quadriceps femoris (MQF) a hamstringy (HAM). Hodnocení svalové síly (kapitola 4.3.4 Měření a sběr dat pomocí funkčního svalového testu a zkrácených svalů dle Jandy). Červeně zvýrazněné rozdílové hodnoty mezi prvním a posledním měřením.	112
Tabulka 15 - výzkumná skupina – vyšetření a hodnocení hluboké citlivosti (vibračního čítí) pomocí neurologické ladičky. Hodnocení vibračního čítí (4.3.8 Měření a sběr dat pomocí nekalibrované ladičky). Pod červenou barvou jsou zvýrazněné rozdílové významné hodnoty.	113
Tabulka 16 - kontrolní skupina – vyšetření a hodnocení pomocí neurologické ladičky hluboká citlivost (vibrační čítí). Hodnocení vibračního čítí (4.3.8 Měření a sběr dat pomocí nekalibrované ladičky). Pod červenou barvou jsou zvýrazněné rozdílové významné hodnoty.	114
Tabulka 17 - výzkumná skupina – vyšetření diagnostickou muskuloskeletální ultrasonografií. Červená barva označuje významné hodnoty – ANO – znamená přítomnost tekutiny v kolenním kloubu, NE – znamená nepřítomnost tekutiny v kolenním kloubu v 6. (6 T) a v 15. (15 T) pooperačním týdnu.	115

Tabulka 18 - kontrolní skupina – vyšetření diagnostickou muskuloskeletální ultrasonografií. Červená barva označuje významné hodnoty – ANO – znamená přítomnost tekutiny v kolenním kloubu, NE – znamená nepřítomnost tekutiny v kolenním kloubu v 6. (6 T) a v 15. (15 T) pooperačním týdnu. 116