

Univerzita Karlova v Praze
2. lékařská fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Kateřina Lukešová

**Změny parametrů stoje a chůze u pacientů po
plastice předního zkříženého vazů**

Diplomová práce

Praha 2021

Autor práce: **Bc. Kateřina Lukešová**

Vedoucí práce: **Mgr. Michaela Opálková**

Oponent práce: **Mgr. Júlia Demeková**

Datum obhajoby: **11.6.2021**

Bibliografický záznam

LUKEŠOVÁ, Kateřina. Změny parametrů stoje a chůze u pacientů po plastice předního zkříženého vazů. Praha, 2021, 105 s., přílohy. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Mgr. Michaela Opálková.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se věnuje změnám vybraných parametrů stoje a chůze u pacientů s plastikou předního zkříženého vazů. V úvodu teoretické části je popsána anatomie a biomechanika kolenního kloubu. Následně se práce zabývá problematikou poranění předního zkříženého vazů, možnostmi jeho léčby a s ní spojenými riziky. V neposlední řadě je rozebrán možný vliv plastiky předního zkříženého vazů na senzomotoriku a neuromuskulární kontrolu lidského pohybu a postury. Ve druhé, experimentální části práce jsou stanoveny cíle práce a hypotézy, dále je zde popsána metodika měření a výsledky. V závěru práce je rozebrána diskuze, v rámci které jsou výsledky tohoto výzkumu porovnávány se současnými studiemi. Měření probíhalo na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství ve FN Motol za využití přístroje Zebris FDM-T System. Měření se zúčastnilo celkem 36 probandů, 18 z nich prodělalo plastiku předního zkříženého vazů na jedné dolní končetině a dalších 18 představovalo kontrolní skupinu bez žádného poranění či operace na dolních končetinách. Výsledky neprokázaly žádné statisticky významné rozdíly ve vybraných parametrech stoje a chůze mezi experimentální a kontrolní skupinou, přestože se v některých parametrech určité rozdíly mezi oběma skupinami vyskytly. To, až na silové parametry zmíněné v poslední vědecké otázce, koresponduje s výsledky, které jsou popsány v jiných studiích zabývajících se tímto tématem, pokud se jedná o parametry stoje a chůze více než jeden rok po rekonstrukční operaci.

Klíčová slova:

ruptura předního zkříženého vazů, plastika předního zkříženého vazů, kolenní kloub, chirurgická léčba, konzervativní léčba, senzomotorický systém, neuromuskulární kontrola, analýza chůze, analýza stoje

Bibliografic record

LUKEŠOVÁ, Kateřina. Changes in stance and gait parameters in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. Prague, 2021, 105 p. Diploma thesis. Charles University in Prague, 2nd Faculty of Medicine, Clinic of Rehabilitation and Sport Medicine. The supervisor: Mgr. Michaela Opálková

Abstract:

This thesis is devoted to changes in selected gait and stance parameters in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. In the introduction of this work, anatomy and biomechanics of the knee joint are described. Then the thesis deals with the anterior cruciate ligament injury issues, treatment options and associated risks. Last but not least, the possible influence of anterior cruciate ligament reconstruction on sensorimotor and neuromuscular control of human movement and posture is discussed. In the second, experimental part of the work, the objectives of the work and hypotheses are set, then the measurement methodology and results are described. At the end of the work is a discussion, in which the results of this research are compared with current studies. The measurements took place at the Department of Rehabilitation and Sports Medicine at the Motol University Hospital using the Zebris FDM-T System. A total of 36 probands took part in the measurement, 18 of them underwent anterior cruciate ligament plastic surgery on one lower limb and another 18 represented a control group without any injury or surgery on the lower limbs. The results did not show any statistically significant differences in selected parameters of standing and walking between the experimental and control groups, although in some parameters some differences occurred between the two groups. Except for the force parameters mentioned in the last scientific question, this corresponds to the results described in other studies dealing with this topic in terms of standing and walking parameters more than one year after the reconstructive surgery.

Keywords:

anterior cruciate ligament rupture, anterior cruciate ligament replacement, knee joint, surgical treatment, conservative treatment, sensorimotor system, neuromuscular control, gait analysis, stance analysis

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Michaely Opálkové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 14.5.2021

Kateřina Lukešová

Ráda bych poděkovala Mgr. Michaele Opálkové za odborné vedení diplomové práce, věcné připomínky, trpělivost a vstřícnost při jejím zpracovávání. Současně bych chtěla poděkovat všem zúčastněným probandům za jejich čas a ochotu. Mé poděkování patří také přátelům, kolegům a rodině, a to především za podporu, kterou mi v průběhu psaní diplomové práce poskytovali.

Obsah

SEZNAM ZKRATEK.....	9
ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	11
1.1 Anatomie kolenního kloubu.....	11
1.2 Biomechanika kolenního kloubu.....	13
1.2.1 Pohyby v kloubu.....	14
1.2.2 Biomechanika svalů.....	16
1.4 Ligamentum cruciatum anterius.....	19
1.4.1 Poranění LCA.....	20
1.4.2 Diagnostika ruptury LCA.....	22
1.4.3 Léčba ruptury LCA.....	26
1.4.3.1 Chirurgická léčba.....	27
1.4.3.2 Komplikace chirurgické léčby.....	30
1.4.3.3 Konzervativní léčba.....	34
1.5 Změny senzomotoriky a neuromuskulární kontroly po rekonstrukci LCA.....	35
1.6 Krokový cyklus.....	41
1.6.1 Fáze krokového cyklu.....	41
2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY.....	43
2.1 Cíl práce.....	43
2.2 Vědecké otázky a hypotézy.....	43
3 METODIKA PRÁCE.....	46
3.1 Charakteristika výzkumného souboru.....	46
3.1.1 Charakteristika experimentální skupiny.....	46
3.1.2 Charakteristika kontrolní skupiny.....	48
3.2 Metodika vyšetření.....	48
3.2.2 Zebris FDM-T System.....	49
3.3 Statistické zpracování dat.....	52
4 VÝSLEDKY.....	53
4.1 Vědecká otázka č.1.....	53
4.1.1 Ověření hypotézy H1.....	53
4.1.2 Ověření hypotézy H2.....	56
4.2 Vědecká otázka č. 2.....	58
4.2.1 Ověření hypotézy H3.....	58
4.2.2 Ověření hypotézy H4.....	61
4.2.3 Ověření hypotézy H5.....	64
4.2.4 Ověření hypotézy H6.....	67
4.3 Vědecká otázka č. 3.....	70
4.3.1 Ověření hypotézy H7.....	70
4.3.2 Ověření hypotézy H8.....	73
5 DISKUZE.....	77
5.1 Diskuze k vědecké otázce č. 1.....	79
5.2 Diskuze k vědecké otázce č. 2.....	80
5.3 Diskuze k vědecké otázce č. 3.....	83
ZÁVĚR.....	86
REFERENČNÍ SEZNAM.....	88
SEZNAM PŘÍLOH.....	102

SEZNAM ZKRATEK

AM - anteromediální
AMR – arthrogenic muscle response
AP - anteroposteriorní
BTB – bone-tendon-bone
cm - centimetr
CNS – centrální nervový systém
COP – centre of pressure
CT – computed tomography
DB - double-bundle
DK – dolní končetina
EMG - elektromyografie
FN – fakultní nemocnice
GRF – ground reaction force
LCA – ligamentum cruciatum anterius
lig. - ligamentum
m. - musculus
mm. - musculi
mm - milimetr
MRI – magnetic resonance imaging
N - newton
NBA – national basketball asociation
OA - osteoartróza
PL - posterolaterální
PTOA – posttraumatická osteoartróza
s - sekunda
SB - single-bundle
ST/G - semitendinosus/gracilis
RTG - rentgen

ÚVOD

Ruptura předního zkříženého vazů je jedno z nejčastějších sportovních zranění a poranění kolenního kloubu celkově. Ročně tento úraz v České republice postihne až 6000 obyvatel. V současné době se ruptura předního zkříženého vazů řeší zejména chirurgickou cestou, tedy jeho náhradou nejčastěji autologním štěpem. Cílem implantace štěpu je především obnovit stabilitu a funkčnost kolenního kloubu do té míry, aby byl daný jedinec schopný navrátit se nejen ke svým běžným, ale i fyzicky náročnějším či sportovním aktivitám.

S tímto typem zákroku jsou však spojeny jisté pooperační komplikace, které mohou dobu rekonvalescence prodloužit a do budoucna by také mohly představovat riziko předčasného degenerativního poškození kolenního kloubu. Zároveň současné studie týkající se této problematiky potvrzují, že v dlouhodobém měřítku po rekonstrukci vazů je subjektivní spokojenost i celková funkčnost kloubu srovnatelná s těmi jedinci, u kterých byla ruptura předního zkříženého vazů řešena konzervativně.

U operovaných jedinců se po samotném zákroku v měřítku několika týdnů až měsíců přirozeně vyskytují jisté asymetrie mezi oběma dolními končetinami, ať už co se týče bipedálního stoje nebo chůze. Postupem času se však tyto rozdíly mezi končetinami upravují. Vzhledem k tomu, že spousta jedinců, kteří plastiku předního zkříženého vazů podstoupili, pociťují stále určitý diskomfort v oblasti kolenního kloubu i několik let po operaci, zůstává otázkou, zda tyto obtíže nemohou být způsobeny přetrvávajícími asymetriemi některých parametrů stoje nebo krokového cyklu.

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda se takové asymetrie u jedinců s rekonstruovaným vazem vyskytují i v delším časovém horizontu, konkrétně mezi prvním a desátým rokem od provedení zákroku. K vyšetření byl využit přístroj Zebris FDM-T System, pomocí nějž byly hodnoceny vybrané parametry stoje a chůze. Výsledky byly následně porovnávány s kontrolní skupinou, jejíž probandi rekonstrukci předního zkříženého vazů ani žádnou jinou operaci v oblasti dolních končetin nepodstoupili.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

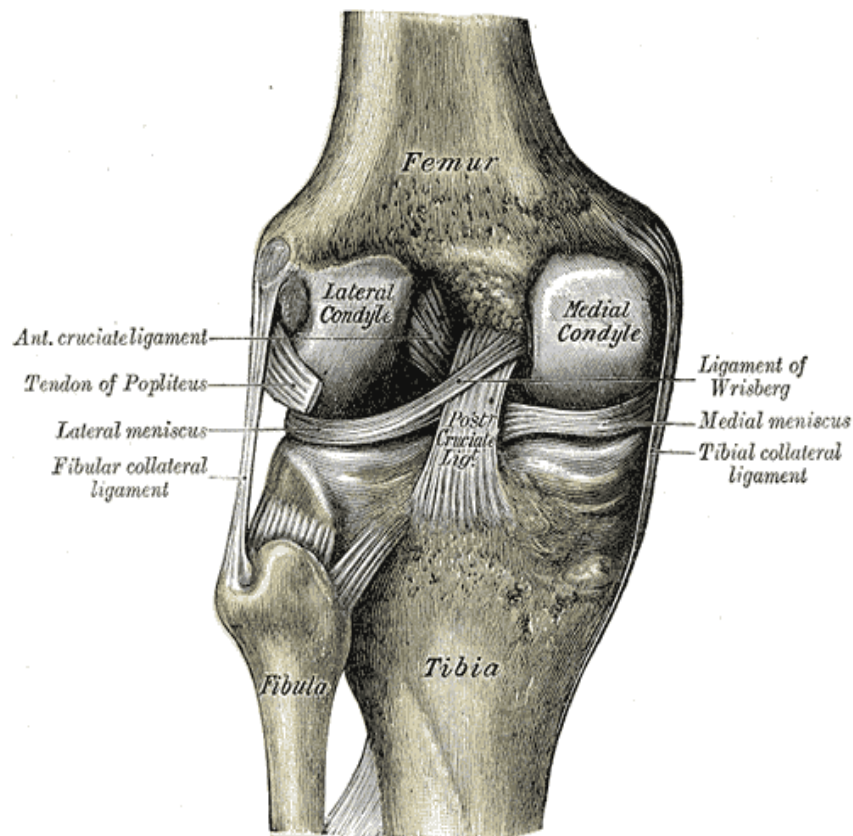
1.1 Anatomie kolenního kloubu

Kolenní kloub je největší a nejsložitější kloub lidského těla (Kolář, 2009). Artikulují v něm femur, tibie a patella vytvářející femorotibiální a femoropatellární kloub (Čihák, 2016).

První ze zmíněných je skloubení mezi kondyly femuru a dvěma kloubními ploškami na kondylech tibie. Ty jsou v porovnání se silně zakřivenými kondyly femuru téměř ploché, tudíž je zde nutná přítomnost dvou menisků, které vyrovnávají kloubní inkongruenci (Kolář, 2009).

Menisky jsou tvořeny vazivovou chrupavkou, přičemž se navzájem liší tvarem, jenž odpovídá kloubním plochám na tibií. Laterální meniskus je menší a má téměř kruhový obrys. Zároveň je svým zadním obvodem pomocí kloubního pouzdra spojen s m. popliteus, jehož funkcí je tak ovlivňován. Mediální meniskus zaujímá oválný tvar a je celkově více rozevřený (Kolář, 2009). Prostřednictvím kloubního pouzdra se spojuje s přední částí úponu m. semimembranosus, tudíž pohyby tohoto svalu mají na meniskus opět značný vliv. Celkově je mediální meniskus méně pohyblivý než laterální, a to díky spojení se zadní částí lig. collaterale mediale (Čihák, 2016).

Femoropatellární kloub je druhým ze jmenovaných skloubení. Kloubní plochy zde tvoří dvě oválné fasety na zadní ploše patelly a facies patellaris na femuru. Femoropatellární skloubení je při běžných denních aktivitách výrazně zatěžováno, např. při chůzi je zatíženo zhruba polovinou hmotnosti lidského těla, při fyzicky náročnějších aktivitách, jakými jsou třeba běh, skákání nebo chůze do schodů, se jedná až o šestnásobek tělesné hmotnosti. I proto je patella ze své dorsální strany pokryta silnou vrstvou kloubní chrupavky a jde o vůbec nejsilnější chrupavku v lidském těle (Gross et al., 2005).



Obrázek 1. Anatomie kolenního kloubu z dorsální strany (www.klouby.cz)

Stabilita kolenního kloubu je zajišťována pomocí komplexu statických a dynamických stabilizátorů. Mezi statické stabilizátory se řadí vazy a menisky, kolemkloubní svaly a jejich úpony pak tvoří skupinu těch dynamických. Z topografického hlediska lze stabilizátory rozdělit na kapsulární, kde patří postranní vazy, kloubní pouzdro a svaly společně s jejich úpony, a intraartikulární, které jsou tvořeny menisky a zkříženými vazy (Dungl, 2014).

Vazivový aparát kolene se skládá z ligament kloubního pouzdra a nitrokloubních vazů. Ventrálně je kloubní pouzdro zesíleno pomocí šlachy m. quadriceps femoris volně přecházející v ligamentum patellae, které se upíná na tuberositas tibiae. Toto ligamentum z obou stran ještě zpevňují retinacula patellae rovněž se upínající na tibia. Retinacula zároveň táhnou koleno do extenze, a to i v případě poškození patelly, proto jsou považována za přídatný extenční aparát kolenního kloubu (Čihák, 2016).

Po stranách je kloubní pouzdro zesíleno pomocí vnějšího a vnitřního postranního vazy. Postranní vazy zajišťují stabilitu kolene při flekčně – extenčním pohybu, brání nadměrné abdukci a addukci. Vnitřní postranní vaz, nebo-li ligamentum collaterale

mediale, je prostřednictvím kloubního pouzdra spojen s mediálním meniskem, jak již bylo zmíněno výše. Ligamentum collaterale laterale, tedy vnější postranní vaz, je zase ve své dolní třetině překryto úponovou šlachou m. biceps femoris (Čihák, 2016).

Na zadní ploše kloubního pouzdra se nachází ligamentum popliteum obliquum a ligamentum popliteum arcuatum. První ze zmíněných odstupuje z mediální části kolenního kloubu a běží zevně vzhůru; druhý, méně významný vaz, má tvar písmene Y a je spojen s hlavičkou fibuly (Čihák, 2016).

Mezi nitrokloubní vazy se řadí vazy zkřížené, nebo-li ligamenta cruciata. Ty jsou uloženy intraartikulárně, ale zároveň extrasynoviálně, jelikož synoviální blána, která se odděluje z dorsální plochy kloubního pouzdra, vytváří řasu obalující plochu vazů směřující dovnitř kloubu (Gross et al., 2005). Ligamenta cruciata zajišťují celkovou pevnost kloubu, a to zejména při jeho flexi, kdy se napínají. Zároveň omezují vnitřní rotaci kolena, jelikož se na sebe navíjejí (Dungl, 2014). Podrobnější popis jejich anatomie i funkce bude rozebrán v následujících kapitolách.

Dalšími nitrokloubními stabilizátory jsou ligamentum transversum genus, které napříč propojuje menisky v přední části kolenního kloubu, a ligamenta meniscofemoralia, fixující zadní cíp laterálního menisku a dále se rozdělující na přední a zadní část běžící po stranách předního zkříženého vazů (Čihák, 2016).

Dynamické stabilizátory jsou svaly a jejich úpony v blízkosti kolenního kloubu. Z funkčního hlediska je lze rozdělit do skupiny flexorů a extensorů. Vzhledem k tomu, že jednotlivé svaly mají různý průběh, mohou částečně přispívat k rotačním pohybům tibie vůči femuru (Gross et al., 2005). Konkrétním svalům a jejich funkcím se budu podrobněji věnovat v následující kapitole.

1.2 Biomechanika kolenního kloubu

Kolenní kloub umožňuje přizpůsobovat délku dolní končetiny potřebám lokomoce a mění tak vzdálenost trupu od terénu (Véle, 2006). Zároveň poskytuje stabilitu při současné mobilitě kloubu (Kapandji, 1987).

1.2.1 Pohyby v kloubu

V kolenním kloubu lze teoreticky vidět šest druhů pohybů, které se rozdělují do dvou skupin: rotačních a translačních. Mezi rotační pohyby se řadí flexe a extenze, vnitřní a zevní rotace, abdukce a addukce. Translačními pohyby se poté rozumí přední a zadní translace tibie, komprese a distrakce a nakonec mediální a laterální translace tibie (Dungl, 2014)

Základním pohybem kolenního kloubu je flexe a extenze. Ta probíhá kolem transversální osy XX' (Obr. 2). Díky geometrickým poměrům kloubních ploch, vazům a meniskům jsou k flexi a extenzi automaticky přidruženy i další pohyby, konkrétně iniciální a terminální rotace na začátku a konci pohybu z flexe do extenze a zpět (Kolář, 2009).



Obrázek 2. Osy pohybů kolenního kloubu. (Kapandji, 1987).

Pokud je koleno v plné extenzi, jsou napjaty postranní vazy a všechny struktury nacházející se na dorsální straně kloubu. Tento stav lze označit jako „uzamčené koleno“. V případě převedení kolenního kloubu z uzamčeného stavu do flexe je potřeba, aby se uskutečnily celkem tři pohyby. Prvním z nich je počáteční rotace, která nastává při flexi v prvních 5° pohybu. V této fázi rotuje tibia dovnitř, pokud se jedná o volnou nohu. Při noze

fixované na podložce naopak tibie stojí na místě a femur se rotuje zevně. Počáteční rotací dojde k uvolnění ligamentum cruciatum anterius, což můžeme označit za odemknutí kolena (Čihák, 2016).

Druhým pohybem je pohyb valivý, který se uskutečňuje v meniskofemorálním skloubení. Zde se femur valí po kloubních plochách tvořených tibií a menisky. Posuvný pohyb je třetím ze jmenovaných a uskutečňuje se v poslední fázi flexe. Zde se kondyly femuru posouvají společně s menisky po tibiálním plató směrem dozadu. Lze tedy říci, že se tento pohyb odehrává v meniskotibiálním skloubení (Kolář, 2009).

Při pohybu z flexe do extenze probíhá celý tento děj obráceně. V první fázi dochází k posuvnému pohybu dopředu, ten je následován valivým pohybem femuru po kondylech a vše je zakončeno závěrečnou rotací opačným směrem, než kterým byla uskutečněna rotace počáteční (Čihák, 2016).

Rozsah flexe kolenního kloubu se pohybuje okolo 120 – 150°, přičemž aktivní flexe probíhá do zhruba 140°, kdy dojde ke styku svalové hmoty stehna a lýtka, tudíž pohyb nemůže dále aktivně pokračovat (Gross et al., 2005).

Zevní a vnitřní rotace kolenního kloubu probíhají kolem osy YY' (Obr. 2) a jsou možné pouze za jeho současné flexe (Kapandji, 1987). Rotační pohyb probíhá převážně v meniskotibiálním skloubení a dochází zde k posunu menisků, přičemž rozsah posunu laterálního menisku je větší, než je tomu u menisku mediálního. Z toho vyplývá, že pokud dojde k poranění kolenního kloubu rotačním mechanismem, je více ohrožen méně pohyblivý meniskus, čili mediální, a to až v 95% případů (Kolář, 2009).

Větší volnost laterálního kondylu femuru je dána sklonem předního zkříženého vazy, který má oproti zadnímu horizontálnější průběh (Kapandji, 1987). Zároveň je přední zkřížený vaz považován za hlavní stabilizátor vnitřní rotace bérce. Díky šikmému průběhu ve frontální rovině je jeho femorální začátek více vzdálen od osy otáčení, čímž působí na laterální kondyl femuru jako „otěž“. Dále je vnitřní rotace omezována pomocí zevního postranního vazy, iliotibiálního traktu, kloubního pouzdra a laterálního menisku. Zevní rotace bérce je omezena hlavně zevním postranním vazem (Čihák, 2016).

Rozsah zevní rotace dosahuje 30-40° a závisí na stupni flexe kolene. Maximální vnitřní rotace je pak možná do zhruba 10° (Kolář, 2009).

Abdukce a addukce kolenního kloubu jsou rotačním pohybem kolem osy ZZ' (Obr. 2). Tato osa však nereprezentuje třetí stupeň volnosti jako takový, jde spíše o pohyby v rámci joint-play. Opět je lze pozorovat při současné flexi kolene, pokud se vyskytují i při jeho plné extenzi, je třeba tyto pohyby považovat za abnormální (Kapandji, 1987).

Translační pohyby probíhají podél výše zmíněných tří os. Přední a zadní translace tibie souvisejí s osou ZZ' a v praxi se tyto pohyby využívají v rámci předního a zadního zásuvkového testu. Komprese a distrakce se pak dějí podél osy YY'. Poslední z pohybů, mediální a laterální translace, probíhají podél osy XX'. Za normálních okolností není tento pohyb možný, dochází k němu při poranění vazivového aparátu, čili je považován za pohyb patologický (Kapandji, 1987).

1.2.2 Biomechanika svalů

Pohyb v kolenním kloubu je zajištěn pomocí flexorů a extensorů společně s m. popliteus. Vzájemné působení obou svalových skupin je nutné pro stabilizační funkce kolene. Lze to např. vidět na příkladu vstávání ze sedu do stoje, kdy m. rectus femoris extenduje koleno a zároveň flektuje kyčel, hamstringy pak koleno flektují a kyčel extendují, čímž dochází ke vzpřímení (Véle, 2006).

Hlavním extensorem kolenního kloubu je m. quadriceps femoris skládající se ze čtyř svalů, které se dále dělí na dvě skupiny, a to svaly jednokloubové a dvoukloubové (Čihák, 2016). Mezi jednokloubové svaly se zařazují mm. vasti, konkrétně m. vastus medialis, m. vastus lateralis a m. vastus intermedius, a jejich hlavní funkcí je extenze bérce a celková stabilizace kolena, přičemž laterální vastus ještě obsahuje malou rotační komponentu. Proto je extenze kolene automaticky spjatá s laterální rotací v terminální fázi pohybu. M. vastus medialis velice snadno atrofuje, tudíž má největší tendenci k poruchám při různých afekcích kolenního kloubu, ať už se jedná např. o poškození vazů či menisků. To se přičítá vyšší zátěži svalu posturálním tonickým držením (Véle, 2006).

Dvoukloubovým svalem je m. rectus femoris, který spojuje pánev s tibií, tudíž je jeho hlavní funkcí flexe v kyčli a poté rovněž extenze kolene. Účinnost tohoto svalu úzce souvisí s postavením kyčle; při flexi v kyčelním kloubu je jeho extenční účinek na bérce menší, než by tomu bylo při extenzi. M. quadriceps femoris dokáže vyvinout moment síly přes 40 kg, což je dvojnásobek flexorové skupiny kolenního kloubu. Zároveň je velmi důležitý pro udržení vzpřímeného stoje proti zevním vlivům, ale i při chůzi, zejména ve švihové fázi, kdy tento sval provádí flexi v kyčli s návaznou extenzí v koleni (Gross et al., 2005).

Pokud se jedná o nezatížený pohodlný stoj, zůstává stabilizační funkce m. quadriceps femoris téměř nevyužita, jeho aktivita stoupá až při vyšší posturální nejistotě

nebo v případech, kdy je třeba kloub připravit před rychlou změnou pohybu, např. ve fotbale či tenise. V případě, že je quadriceps oslaben či dokonce atrofován, mohou stabilitu kloubu v extenzi zajistit jeho flexory za vzniku tzv. kolenního zámku. Uvolnění zámku je pak realizováno pomocí m. popliteus, který se nalézá ve fossa poplitea (Véle, 2006).

Flexory kolene, nebo také tzv. hamstringy, do kterých se řadí m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus, jsou svaly dvoukloubové a kromě flexe kolene fungují i jako extensory kyčle. Jejich flekční funkce závisí na postavení pánve. Čím více se zvyšuje flexe pánve, tím stoupá i účinnost hamstringů. Flexory navíc jeví výraznou tendenci ke zkrácení, a to pravděpodobně z toho důvodu, že musí vyrovnávat nestabilitu pánve v sagitální rovině (Kapandji, 1987).

Hamstringy jsou také pomocným dynamickým stabilizátorem předního zkříženého vazy, o čemž svědčí i fakt, že při flexi kolene, kdy jsou hamstringy aktivovány, je celková stabilita kolenního kloubu výrazně lepší, jelikož se zvyšuje efektivita dynamického tahu těchto svalů, které táhnou tibií dozadu. Navíc tak dochází ke zvyšování konvexity kondylů femuru, zlepšení souhry s menisky a tím k vyrovnávání inkongruence kloubních ploch (Gross et al., 2005).

Mezi pomocné flexory kolenního kloubu lze dále zařadit rovněž m. gracilis, m. sartorius a obě hlavy m. gastrocnemius, přičemž poslední ze zmíněných nemá jako flexor příliš vysokou účinnost, nicméně se uplatňuje jako silný stabilizátor kolenního kloubu, jelikož se upíná nad oběma femorálními kondyly a je kontrahován při chůzi, konkrétně při odrazu, kdy je koleno i hlezno extendováno a m. gastrocnemius tak posouvá kondyly femuru vůči kondylům tibie směrem dozadu (Kapandji, 1987).

M. popliteus má velmi komplikovaný průběh; vede od laterálního kondylu femuru, poté proniká do kloubního pouzdra, z něž se vynořuje pod zkříženými vazy a upíná se na zadní straně horního okraje tibie. Je také řazen mezi flexory, nicméně jeho hlavní funkcí je vnitřní rotace kolene, zároveň také napomáhá odemknutí kolenního zámku, jak již bylo zmíněno výše. Rozsah rotace je závislý na stupni flexe kolena, přičemž maximální rotace až 40 ° je možno dosáhnout při zhruba 80 ° flexe, při extenzi je rotace nulová (Véle, 2006).

1.3 Poranění vazivového aparátu

Poranění vazy vzniká buď přímým, nebo častěji nepřímým mechanismem, přičemž až v 70% případů se jedná o sportovní úrazy. Poškodit se mohou jak zkřížené vazy, tak vazy postranní i menisky společně s kloubním pouzdrům, přičemž poranění předního zkříženého vazy je až desetkrát častější než vazy zadního (Gallo, 2011).

Podle mechanismu vzniku lze akutní nestability rozdělit do dvou hlavních skupin:

1. nestability s primární lézí kapsulárních stabilizátorů
2. izolované léze zkříženého vazy.

Mezi nestability s primární lézí kapsulárních stabilizátorů se řadí mediální, laterální a hyperextenzní nestability, přičemž nejčastěji se vyskytující jsou nestability mediální (Dungl, 2014).

Ty vznikají buď násilnou abdukci a zevní rotací, anebo působením přímého násilí ze zevní strany kloubu. Nejprve dochází k poškození vnitřního postranního vazy, kloubního pouzdra a menisků. Při větším násilí pak může dojít i k poranění předního zkříženého vazy (Gallo, 2011).

Oproti tomu laterální nestability vznikají addukčním a vnitřně rotačním mechanismem či působením přímého násilí na vnitřní stranu kloubu. Zde nejdříve dochází k poranění zevního postranního vazy, pouzdra a menisků, při působení větší síly pak opět může dojít i k poškození zkřížených vazů. Výjimkou zde není ani poškození n. peroneus communis (Sosna, 2001).

Hyperextenzní nestability vznikají násilnou hyperextenzí a jsou víceméně vzácným, ale závažným poraněním, při kterém dochází k poškození zadního pouzdra, jednoho nebo obou zkřížených vazů a menisků (Dungl, 2014).

Izolované poranění předního zkříženého vazy může vzniknout několika mechanismy. Problematika poranění tohoto vazy bude podrobněji rozebrána v následující kapitole. Zadní zkřížený vaz bývá poraněn působením přímým násilím na přední plochu kloubu ve flexi, typicky jako tzv. 'dashboard injury', kdy koleno narazí do palubní desky při autohavárii (Dungl, 2014).

1.4 Ligamentum cruciatum anterius

Ligamentum cruciatum anterius (LCA), česky přední zkřížený vaz, probíhá od dorsální části vnitřní plochy laterálního kondylu femuru šikmo dopředu a dolů, kde se upíná ve fossa intercondylaris anterior. Jeho hlavní funkcí je především omezit ventrální posun tibie vůči femuru, a tím stabilizovat kolenní kloub (Gross et al., 2005). Dále brání hyperextenzi kolene, řídí rotaci tibie vůči femuru a také ve své funkci posiluje vnitřní postranní vaz (Dungl, 2014).

Skládá se celkem ze dvou částí: anteromediální (AM) a posterolaterální (PL). Anteromediální pruh je nejdelší a je uložen nej povrchněji, čímž je také nejvíce náchylný na poranění. Posterolaterální pruh leží hluboce pod anteromediálním a při parciálních rupturách zůstává intaktní (Kapandji, 1987). Dle Suzuki et al. (2019) nejnovější anatomické studie dokazují, že přední zkřížený vaz lze rozdělit dokonce do třech porcí. V tomto případě se anteromediální svazek rozdělí na dvě části: anteromedio-mediální a anteromedio-laterální, čímž dohromady s posterolaterálním svazkem vzniknou svazky tři.

Přední zkřížený vaz je obvykle 31 – 36 mm dlouhý a 7 mm široký (Pauček, Smékal & Holibka, 2014). Jednotlivá vlákna předního zkříženého vazů mají různou délku a také probíhají v několika směrech, tudíž jsou během pohybu kolenního kloubu odlišně napínána. K největšímu napětí dochází v plné extenzi, a to zejména v posteromediální části vazů. Při flekčním pohybu jeho napětí postupně klesá a okolo 40° flexe je už prakticky neznatelné. Když kloub dosáhne flexe 90°, napětí opět narůstá, tentokrát nejvíce v anteromediální části (Čihák, 2016).

V plné extenzi jsou obě vlákna vazů uložena paralelně. V průběhu flexe se postupně posouvá femorální úpon posterolaterálního svazku směrem ventrálním a proximálním, anteromediální část se naopak pohybuje dorsálně a distálně, což vede k tomu, že při flexi kolena se oba dva svazky navzájem kříží (Zeman, 2014).

1.4.1 Poranění LCA

Ruptura předního zkříženého vazů patří mezi závažná a poměrně častá poranění v oblasti kolenního kloubu. Incidence ruptur LCA se v ČR udává až 60 případů na 100 000 obyvatel ročně (www.surgalclinic.cz).

Poranění vazů vzniká nejčastěji nepřímým mechanismem, a to násilnou abdukci spojenou se zevní rotací. Typicky je to zranění vzniklé při sportu, např. fotbale či sjezdovém lyžování, kde dochází k rychlým změnám směru a rychlosti pohybu (Gerwyn et al., 2020). Výjimkou nejsou ani poranění vzniklá násilnou vnitřní rotací v plné extenzi či působením přímé síly na tibií, např. při kontaktních sportech (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

Přetížení a následné zranění vazů může nastat i po výrazné reflexní kontrakci quadricepsu. Oproti tomu hamstringy, jako synergisté LCA, dokáží svou aktivitou vaz ochránit téměř v celém průběhu flekčního pohybu, mimo počátečních 0°-10°. Z toho vyplývá, že dysbalance mezi těmito dvěma svalovými skupinami může vést k přetržení LCA v semiflekčním postavení kolene (Zeman, 2014).

Ruptura vazů bývá pacientem subjektivně vnímána jako prasknutí v koleni, často doprovázena následným pocitem nestability (Pauček, Smékal & Holibka, 2014). Do 6-24 hodin po úrazu se v kloubu objevuje výpotek. Pokud výpotek vzniká bezprostředně po zranění, je zde pravděpodobnější přítomnost osteochondrální zlomeniny v oblasti kolena. Otok a bolest kolena většinou vrcholí druhý den po úrazu (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

V závislosti na tom, v jaké pozici se koleno během úrazu nachází a z jakého směru přichází energie působící na kloub, může poranění ovlivnit jak jeden, tak oba svazky LCA. Velká většina ruptur předního zkříženého vazů je kompletní, parciální ruptury zaujmají procentuálně zhruba jednu čtvrtinu všech případů poranění LCA (Carulli et al., 2020). Parciální ruptury většinou postihují anteromediální pruh vazů a klinicky se manifestují především zvýšenou přední translací tibie vůči femuru. Méně častá, izolovaná ruptura posterolaterálního svazku, se projevuje rotační instabilitou kloubu (Zeman, 2014). Pokud nejsou parciální ruptury ošetřeny, mohou vlivem posttraumatických a degračních změn zhruba do 1 roku vyústit v rupturu kompletní. K tomu se navíc mohou připojit i chondropatie a meniskopatie vznikající na základě nestability kloubu, která se v případě

parciální ruptury vyskytuje v závislosti na snížené reparační schopnosti vláken a jejich nedostatečné tonizaci (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

Dle Shi et. al (2020) je možné identifikovat mechanismus poranění a tím také zpřesnit diagnostiku pomocí lokalizace tzv. „bone bruise injury“, čili zhmoždění kosti, které je často při rupturách předního zkříženého vazů přítomno a lze jej detekovat prostřednictvím MRI vyšetření. Takové poškození je výsledkem nárazu femuru a tibie vůči sobě během samotného poranění. Z této studie vyplývá, že zhmoždění se nejčastěji vyskytuje v přední části laterálního kondylu femuru a posterolaterálním kompartmentu tibiálního platu, což svědčí o tom, že během zranění dochází k přední translaci tibie vůči femuru spojené s násilnou abdukci v kolenním kloubu. Tento mechanismus poranění je typický pro bezkontaktní sporty, kde dochází k rychlým změnám směru nebo rychlosti pohybu. To potvrzuje fakt, že těžké zhmožděny kosti byly přítomny daleko častěji u pacientů vykonávajících právě tyto druhy sportů, než u pacientů provozujících sporty kontaktní. Navíc bylo prokázáno, že pacienti, u kterých během MRI vyšetření nebylo bone bruise injury patrné, měli daleko větší pravděpodobnost současné ruptury mediálního menisku, z čehož vyplývá, že meniskus v době poranění absorboval translační síly působící na koleno.



Obrázek 3. Bone bruise injury (www.orthopaedicsandtraumalondon.co.uk)

Dle klasifikace AMALICS se léze LCA rozdělují do třech stupňů. V prvním stupni na MRI lze pozorovat intraligamentózní nepravidelnosti bez známek elongace vazů. Ve druhém stupni je už elongace patrná, navíc doplněná o defekty vláken se snížením jejich tonizace. Třetí stupeň pak znamená kompletní rupturu vazů s porušením jeho kontinuity (Pauček, Smékal & Holibka, 2014). Bohužel ani dnes stále neexistuje shoda ohledně definice parciální ruptury. Dle Noyes et al. (1989) je parciální ruptura hodnocena dle procentuálního množství zbylých vláken vazů, zatímco Crain et al. (2005) tvrdí, že rozlišení kompletní a parciální ruptury závisí především na artroskopickém vyšetření. MRI nemusí vždy detailně rozlišit jednotlivá vlákna a proto definitivní diagnóza je často opravdu získána až přímým zhodnocením během artroskopického zákroku (Carulli et al., 2020).

Ruptury LCA se mohou objevovat i u dětí a dospívajících, kde se dříve předpokládalo, že spíše než k ruptuře vazů při poranění dojde k epifyzeolýze. Pokud jde o parciální rupturu, lze ji řešit konzervativně, v případě totální ruptury se pak doporučuje rekonstrukce vazů, a to z důvodu zvýšení stability kloubu, zejména při sportovních aktivitách, které vyžadují rychlé změny směru, ale také snížení rizika poškození dalších měkkých struktur kolene. Indikací k operaci u dětí se stále trvajícím růstem, tedy více než 2 cm z oblasti kolena, jsou výrazné obtíže se stabilitou při běžných činnostech, bolest nebo současná léze menisků (Dungl, 2014).

1.4.2 Diagnostika ruptury LCA

Vyšetření je vhodné začít podrobnou anamnézou, během které se vyšetřující snaží získat co nejvíce informací týkajících se obtíží spojených s kolenním kloubem. Je nutné rozlišit, zda pacient přichází akutně po úrazu nebo má problémy s kloubem již dlouhodobě, ať už z příčin traumatických či netraumatických. Pokud se jednalo o úraz, je důležité znát jeho mechanismus, zda byl přímý či nepřímý, v jaké poloze se nacházel pacient v okamžiku zranění. Všechny tyto informace vyšetřujícímu mohou pomoci rozlišit poranění konkrétních struktur kolene. Dále se vyšetřující zeptá na charakter bolesti, její intenzitu a lokalizaci, zda je bolest klidová či je spojená s konkrétním pohybem nebo zátěží. Velice často pociťují pacienti nestabilitu kolene, pocit „prolomení“ nebo-li tzv. giving-way fenomén při chůzi nebo fyzicky náročnějších aktivitách (Gross et al., 2005).

Již během příchodu pacienta a odebírání anamnézy lze pozorovat pohybové chování pacienta, např. to, jakým způsobem chodí, jak sedí, zda je schopen 90° flexe v kolenu anebo raději preferuje sed s extendovanou dolní končetinou, jak se zvedá ze židle či jak se svléká. Ve stoji pak dochází k hodnocení osového postavení kolenního kloubu ve smyslu varozity a valgozity. Je rovněž možno pozorovat případný otok, zbarvení kůže nebo přítomnost jizev (Véle, 2006).

Palpačně je nezbytné vyšetřit otok, teplotu kůže, případně její dystrofické změny. Také lze sledovat hypertonus kolemkloubního svalstva. Vyšetřující hodnotí posunlivost patelly latero-laterálním i kranio-kaudálním směrem, registruje omezení či bolestivé vjemy pacienta při tomto vyšetření. Dále je nutné si vyšetřit aktivní i pasivní rozsah pohybu a orientačně svalovou sílu. K diagnóze poranění konkrétních měkkých struktur kolene se běžně využívají speciální diagnostické manévry a také různé zobrazovací metody (Gross et al., 2005).

- **Diagnostické manévry**

Poranění předního zkříženého vazů bývá doprovázeno časným hemartrosem, otokem a svalovým spazmem. I proto je vyšetření vazů pomocí předního zásuvkového či pivot shift testu velmi obtížné (Dungl, 2014).

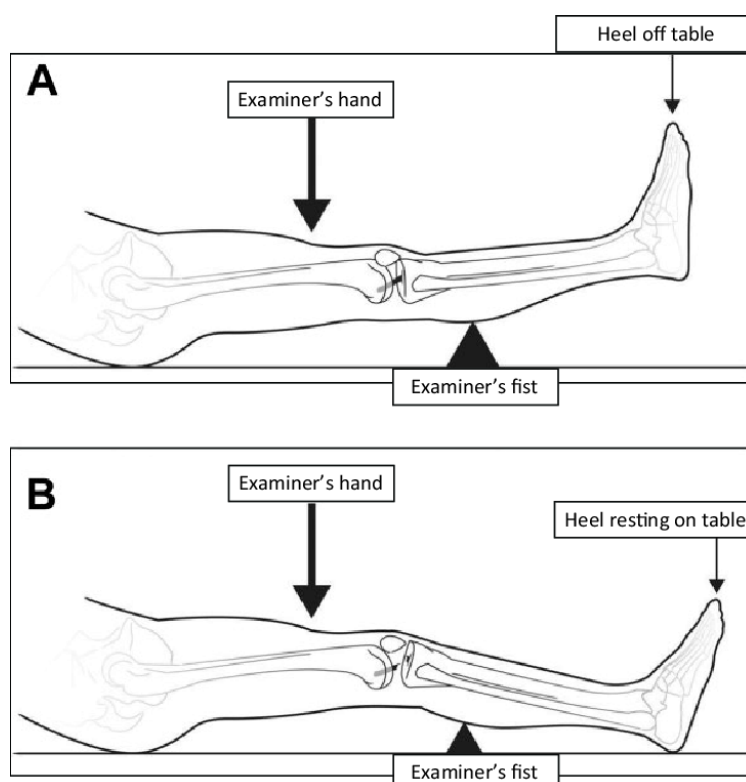
K diagnostice je tedy nejčastěji z klinických testů využíván šetrnější Lachmanův test, a to také z důvodu, že pozice, kterou vyšetřované koleno při tomto testu zaujímá, čili 20-30° flexe, se nejvíce blíží funkční zátěži při chůzi. Pacient během testování leží na zádech se semiflektovaným kolenem, vyšetřující jednou rukou fixuje femur a druhou rukou se pak snaží vyvolat přední posun tibie (Pokorný, 2002). Při testu je třeba brát v potaz tři ukazatele: velikost přední translace tibie v milimetrech, zda-li je na konci pohybu přítomen tvrdý či měkký odpor a také srovnání tibiální translace na kontralaterální dolní končetině z důvodu rozdílné kvality vazivové tkáně, která je pro každého jedince individuální. Test je považován za pozitivní, pokud během něj dochází k abnormálním posunu tibie dopředu a tzv. „end feel“, čili konečný odpor, je měkký (Ochi et al., 2017).

Výše zmíněný přední zásuvkový test je tomu předchozímu velmi podobný, s tím rozdílem, že koleno zde zaujímá 90° flexi. Vyšetřující svým stehnem fixuje chodidlo pacienta a oběma rukama umístěnými v proximální části bérce těsně pod tuberositas tibiae se snaží vyvolat předozadní pohyb. I zde je nutné sledovat velikost předního posunu tibie vyjádřenou v milimetrech (Pokorný, 2002).

Pivot shift test je dle Petersona & Zantopa (2006) nejspolehlivějším vyšetřovacím manévrem pro ruptury posterolaterálního svazku LCA. Během testu leží pacient na zádech s plně extendovanými dolními končetinami. Vyšetřující poté uchopí patu vyšetřované DK a druhou ruku umístí na laterální plochu kolenního kloubu. Postupně pak převádí končetinu z plné extenze do flexe s vnitřní rotací tibie, přičemž ruka umístěná na zevní straně kolene se snaží vyvolat tzv. valgus stres. Pozitivita testu se vyznačuje ventrální sublucací laterálního kondylu tibie vůči femuru, při dosažení 30-40° flexe pak dochází k náhlé repozici.

Je ovšem nutné si uvědomit, že všechny výše zmíněné testy mohou být falešně negativní, a to v případě, že současně s rupturou LCA v koleni došlo k longitudinální nebo-li tzv. bucket-handle ruptuře menisku, která poté brání translačnímu pohybu tibie (Ochi et al., 2017). Dále je problematická diagnostika u parciálních ruptur, jelikož ty běžně vykazují pozitivitu během Lachmanova testu, nicméně konečný odpor je pevný a tibiální translace obvykle nepřesáhne 5mm. Oproti tomu pivot shift test může být zcela negativní (Carulli et al., 2020).

Lelli et al. ve své studii z roku 2014 zkoumali účinnost nového klinického testu na přítomnost ruptury předního zkříženého vazů, tzv. lever sign nebo-li příznak páky. Při něm leží pacient na zádech s plně propnutými dolními končetinami. Vyšetřující poté umístí svou pěst pod proximální třetinu lýtka vyšetřované dolní končetiny. Druhou rukou pak vyvine mírný tlak na distální třetinu quadricepsu. V takovém nastavení funguje vyšetřovaná dolní končetina jako páka. V tomto okamžiku je třeba brát v potaz dvě dolů směřující síly – tlak dlaně vyšetřujícího na quadriceps a sílu gravitace působící na bérce a chodidlo. Pokud je přední zkřížený vaz intaktní, vyvolá tlak na quadriceps extenzi kolenního kloubu a tím i zdvižení paty z podložky. V případě kompletní či parciální ruptury LCA dojde místo extenze kolene k vysunutí tibiálního platu anteriorně. Díky tomuto testu se lze vyhnout rychlým a jistě nepříjemným pohybům, které jsou součástí klinických testů zmíněných výše, čímž se sníží bolestivý vjem pacienta, který často vede k nežádoucí mimovolní kontrakci svalů vyšetřované končetiny. Ve studii však bylo prokázáno, že příznak páky byl spolehlivým diagnostickým testem pouze v případě kompletních chronických ruptur, a to až s téměř 100% přesností. U pacientů s akutní parciální rupturou nebyl test dostatečně senzitivní.



Obrázek 4. Lever sign test (www.researchgate.net)

Dále v rámci klinického testování nelze opomenout diagnostické manévry k ověření integrity postranních vazů a menisků, neboť při poranění kolene může často dojít k tzv. nešťastné triádě, kdy je společně se zkříženým vazem poškozen i vnitřní postranní vaz a mediální meniskus (Pokorný, 2002). Mezi další kombinovaná poškození kloubu lze zařadit nešťastnou pentádu, čili stav, při kterém je poraněn vnější postranní vaz, oba zkřížené vazy a oba menisky. Takové zranění vzniká addukčním násilím za plné extenze kolenního kloubu (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

- **Zobrazovací metody**

Při poranění předního zkříženého vazy je standardně prováděn RTG snímek v AP i bočné projekci. Pomocí RTG snímku lze vyloučit případnou zlomeninu, a to zejména u mladších pacientů s otevřenými růstovými ploténkami, kde může dojít k avulzi laterálního kondylu tibie; zde se hovoří o tzv. Segondově zlomenině (Pokorný, 2002).

MRI obvykle není k diagnostice poranění předního zkříženého vazů nezbytná, ale může sloužit ke stanovení přidružených poranění měkkých struktur kolenního kloubu, jako jsou např. léze menisků. Často lze také díky ní prokázat zhmoždění chrupavky a subchondrální kosti, tedy již výše zmíněné „bone bruise injury“ v posterolaterální části zevního plátu tibie (Dungl, 2014). Toto vyšetření může být navíc využito v případě, že je pro otok a bolest často takřka nemožné koleno kvalitně vyšetřit pomocí diagnostických manévru (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

V neposlední řadě se rovněž využívá diagnostická artroskopie, během které je možné případná poškození měkkých struktur kolene rovnou ošetřit (Pokorný, 2002).

1.4.3 Léčba ruptury LCA

Rupturu předního zkříženého vazů lze řešit buď konzervativní nebo chirurgickou cestou. Při rozhodování, kterou ze zmíněných variant zvolit, je nutné vzít v potaz hned několik kritérií, jako je např. stupeň aktivity pacienta, stupeň nestability kolene, případná přidružená poranění kloubu, ale i samotnou motivaci pacienta k následné léčbě. K operativnímu řešení jsou nejčastěji indikováni aktivní pacienti s poškozeními dalších měkkých struktur kolene, jako jsou např. menisky nebo postranní vazy, a to z důvodu častějšího výskytu tzv. giving-way fenoménu, kdy dochází k opakovaným sublucacím kloubu a tím pádem i dalšímu poškození jeho struktur. (Dungl, 2014). Lien-Iversen et al. (2020) nicméně tvrdí, že nejnovější studie neprokázaly, že by chirurgická léčba měla zásadní vliv v prevenci vzniku předčasné osteoartrózy kolene, naopak jej může i zvyšovat. Riziko vzniku sekundárního poškození menisků je však dle těchto autorů díky operativnímu řešení ruptur LCA sníženo.

Dle Fithian et al. (2014) je chirurgická léčba zásadní pro aktivní pacienty, kteří se chtějí navrátit k pivotním sportům. Rekonstrukce předního zkříženého vazů zároveň snižuje riziko případného opakovaného poranění vazů. Také Verhelst & Luyckx (2017) se přiklánějí k tvrzení, že zejména u mladých a sportovně aktivních jedinců je chirurgické řešení ruptury vazů nezbytné. Klinge, Sawyer & Hulstyn (2013) uvádějí, že se mnoho pacientů, kteří se nejprve rozhodli pro konzervativní přístup, nakonec uchyluje k operativní léčbě z důvodu přetrvávající nestability kloubu během běžných denních i sportovních aktivit.

Ačkoliv se zde hovoří především o mladých pacientech, není v současné době vyšší věk (tj. 40 let a více) kontraindikací k provedení výkonu, jelikož výsledky chirurgické léčby jsou v tomto případě totožné s výsledky u mladší populace. Cílem chirurgické léčby je obnovení stability kolena a ochránění kloubní chrupavky společně s menisky, a to především z toho důvodu, že dlouhodobé výsledky u pacientů se zachovanými menisky jsou signifikantně lepší, než u pacientů, kteří současně podstoupili menisektomii (Dungl, 2014).

Konzervativní léčba je doporučována pro ty jedince, kteří jsou schopni modifikovat své běžné aktivity a při pohybu nevyžadují jeho prudké změny směru či rychlosti. Nejdůležitějším článkem konzervativního přístupu je především rehabilitace, pomocí níž lze znovu nabýt dynamickou stabilitu kolenního kloubu, ať už za využití neuromuskulárního či proprioceptivního tréninku. Rehabilitace je samozřejmě využívána i v případě chirurgické intervence, a to jak formou následné péče, tak i přípravy před samotným zákrokem (Klinge, Sawyer & Hulstyn, 2013).

1.4.3.1. Chirurgická léčba

Hlavním cílem chirurgické léčby je obnovit správnou biomechaniku kolenního kloubu, zajistit jeho plnohodnotnou funkci i při fyzicky náročnějších aktivitách a celkově zlepšit kvalitu života (Laux et al., 2018).

Během zákroku dochází k odstranění zbytků přetrženého LCA a náhradě celého vazů pomocí autogenních nebo alogenních štěpů, které jsou pomocí speciálních kostních tunelů upevněny ve femuru a tibií (Verhelst & Luyckx, 2017).

Při operačním řešení ruptury předního zkříženého vazů je upřednostňována jeho intraartikulární náhrada vůči akutní primární sutuře či extraartikulárním rekonstrukcím. Operace se provádí artroskopickými technikami, které jsou šetrné a umožňují anatomicky správné umístění dostatečně pevných štěpů v kostních tunelech. Pokud je současně s předním zkříženým vazem poraněn i vnitřní postranní vaz, je operace předního zkříženého vazů většinou odložena do zhojení vazů vnitřního. Současné chirurgické řešení obou struktur je totiž spojeno s obtížnější rehabilitací a častějším výskytem omezení hybnosti (Dungl, 2014).

Rekonstrukce LCA bývá často prováděna tzv. transtibiální technikou, která však může vést k neanatomickému umístění femorálního kanálu, čímž dochází k nesprávné

obnově biomechaniky kolena, a následně k selhání samotného štěpu, a to až u jedné třetiny pacientů ošetřených touto technikou. Rovněž bylo prokázáno, že tyto rekonstrukce zvyšují výskyt následného poranění chrupavky a menisků. Z toho důvodu se v posledních letech využívá anatomická náhrada, která vychází z dokonalé znalosti anatomie a biomechaniky kolenního kloubu. Současně bere v potaz původní rozměry vazů, kolagenní orientaci jeho vláken, velikost i úhlovou orientaci úponových oblastí původního LCA (Zeman, 2014).

K rekonstrukci předního zkříženého vazů se nejčastěji používají dva typy autogenních štěpů; jedná se o štěp z ligamentum patellae s kostními bločky, tzv. bone-tendon-bone (BTB), nebo štěp ze šlach m. semitendinosus a m. gracilis (ST/G). Navzdory rozsáhlé literatuře, která je k tématu využití štěpů dostupná, se dosud autoři studií neshodli na tom, který ze zmíněných štěpů je pro náhradu LCA výhodnější. Nicméně, BTB štěp je považován za zlatý standard pro rekonstrukci vazů u aktivních sportovců pro jeho nízký stupeň laxicity, dlouhou trvanlivost a celkově širší průměr, než je tomu u štěpu ST/G (Gupta et al., 2020). BTB štěp navíc umožňuje rychlejší rehabilitaci, časný pohyb a zátěž. Komplikací však mohou být obtíže v místě odběru štěpu, jako jsou např. bolesti v oblasti patelly, obtíže při kleku apod. (Dungl, 2014). Dle dostupné literatury je tento štěp také zhruba 1,5 krát silnější než samotný vaz (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

ST/G štěp je spojen s menšími incizemi a nižším výskytem patellární bolesti, nicméně je zde obtížnější primární fixace štěpu. Nevýhodou je taktéž větší vzdálenost fixace štěpu od nitrokloubního ústí kostního tunelu. Pokud je totiž štěp v kostním tunelu volný, může docházet k pohybu štěpu ve směru osy tunelu, tzv. bungee-cord effect, nebo jeho předozadní pohyb při flexi a extenzi, tzv. wind-shield wiper effect. V obou případech hrozí abraze štěpu a dilatace kostního tunelu. Tento problém je často řešen fixací štěpu blíže nitrokloubního ústí kostních tunelů pomocí vstřebatelných interferenčních šroubů nebo hřebíčků. Oslabení hamstringů po odběru ST/G štěpu se dle některých studií kompenzuje do zhruba 12 měsíců po zákroku (Dungl, 2014).

K náhradě předního zkříženého vazů u dětí lze využít oba druhy štěpů; BTB štěp z ligamentum patellae bývá použit u pacientu po ukončení, nebo těsně před ukončením růstu. Pokud však zbývá více než 2 cm růstu z oblasti kolene, využívá se spíše šlachové štěpy z hamstringů, případně tzv. 'over the top' techniku, kdy je šlachový štěp veden kolem laterálního kondylu femuru a přes přední hranu tibie, čímž jsou zachovány růstové ploténky (Dungl, 2014).

Při rekonstrukci LCA lze využít single-bundle (SB) nebo double-bundle (DB) techniku. Během první ze zmíněných technik je nahrazován pouze jeden svazek

původního vazů, a to většinou jeho anteromediální porce. Femorální a tibiální tunel je zde umístěn mezi anatomický úpon AM a PL svazku. V případě double-bundle techniky jsou pak rekonstruovány obě části vazů, čímž se rozumí dva izolované femorální a tibiální tunely (Zeman, 2014). Suzuki et al. (2019) zmiňují, že kromě obou předchozích lze využít i tzv. triple-bundle techniku, kdy je bráno v potaz, že se AM svazek skládá ze dvou částí, tudíž se v celkovém počtu nahrazují svazky tři. V tomto případě jsou vyvrtány dva femorální tunely a jeden tibiální.



Obrázek 5. a) single-bundle technika, b) double-bundle technika

(www.researchgate.net)

V současné době jsou vedeny četné diskuze o tom, jaká z uvedených technik je pro rekonstrukci LCA výhodnější. Hussein et al. (2012) uvádějí, že jednosvazková technika je ideální pro pacienty s menším rozměrem kolenního kloubu, zatímco dvousvazková metoda více vyhovuje pacientům s rozměry většími, zejména, pokud se jedná o jedince vykonávající sporty s častou pivoťní zátěží. Dle Mayr et al. (2018) nejnovější studie neprokázaly signifikantní rozdíl subjektivních a objektivních parametrů v měřítku pěti let po zákroku u pacientů, kteří byli ošetřeni SB nebo DB technikou.

Během zákroku je daný graft (štěp) ukotven ve femorálním a tibiálním tunelu pomocí šroubů, přičemž tibiální tunel je lokalizován mírně dorsálněji od původního úponu vazů, a to z důvodu prevence případného impingementu graftu. Ten se obvykle projevuje v extenzi kloubu a v případě jeho rozvinutí je nutné provést plastiku interkondylární fossy. Správné umístění tibiálního tunelu má rovněž vliv na adekvátní tonizaci štěpu. Také anatomicky korektní poloha femorálního tunelu je důležitá, a to především proto, aby se předešlo vzniku anterolaterálního impingementu. Oba typy impingementu mohou způsobovat edém, abrazi a nakonec i parciální či celkové oslabení až přerušování graftu (Pauček, Smékal & Holibka, 2014).

V časně pooperační fázi bývá nejrizikovější fixace štěpu, která určuje možnosti pooperační rehabilitační péče. Pokud se jedná o štěp s kostními bločky, jeho vhojení trvá 4 až 6 týdnů, v případě čistě šlachového štěpu pak 8 až 12 týdnů (Dungl, 2014).

1.4.3.2 Komplikace chirurgické léčby

Poranění předního zkříženého vazů mohou být devastující, a to z důvodu krátkodobých i dlouhodobých, fyzických, psychologických a někdy i finančních následků. Většina ruptur LCA je řešena chirurgicky s následnou rehabilitací, jejíž délka se u každého pacienta individuálně liší (Taylor, Owen & Ford, 2020).

Během procesu návratu k normální fyzické aktivitě, ale i z dlouhodobého měřítka, se mohou po náhradě LCA vyskytnout četné komplikace, jako např. riziko předčasné osteoartrózy či opakované ruptury vazů. Cílem této kapitoly je komplikace léčby podrobně rozebrat.

- **Pooperační infekce**

Jednou z nejzávažnějších komplikací rekonstrukce LCA je pooperační infekce. Ta může způsobovat chondrolýzu, čili rozklad chrupavky, ale zároveň může přispět i k selhání štěpu či fibróze celého kloubu. Nejčastějšími původci infektu jsou *Staphylococcus epidermidis* a *Staphylococcus aureus*. V současné době se odborníci bohužel stále ještě neshodnou na jasně daných postupech v řešení této komplikace, ať už se jedná o otevřený či artroskopický débridement kolenního kloubu, zachování náhrady vazů či naopak jeho odstranění nebo otázku délky trvání podávání intravenózních antibiotik (Mishra et al., 2018). Dle statistik se infekce vyskytuje asi u 0,5 % pacientů. Typicky se v tomto případě zvětšuje bolest, lze pozorovat otok i zarudnutí operovaného kolena do zhruba 14 dní od operace. V takové situaci je indikována punkce kolena a bakteriologické vyšetření tekutiny (Dungl, 2014).

Na vznik pooperační infekce může mít vliv několik faktorů, ať už se jedná o komorbidity ze strany pacienta, nejčastěji diabetes a kouření, či o faktory týkající se samotného zákroku, např. délka operace nebo aplikace a přítomnost drénu (Aicale, Oliva & Maffulli, 2020).

Účinnou prevencí však může být rekonstrukce vazů využívající štěpy napuštěné vankomycinem, čili glykopeptidovým antibiotikem. Otázkou však zůstává, zda je tato metoda bezpečná a zda se nepodílí na změnách biomechanických vlastností štěpu. Dle Offerhaus et al. (2019) grafty obsahující vankomycin nemají žádný negativní vliv na funkci kolenního kloubu po operaci. Bohu et al. (2020) tvrdí, že to samé platí i pro sportovně aktivní jedince, kteří se po zákroku vracejí k fyzicky náročnějším aktivitám. Navíc bylo během této studie zjištěno, že opakované ruptury vazů se v měřítku 1 roku po jeho náhradě objevily pouze v kontrolní skupině, čili té, kde byl probandům aplikován štěp bez obsahu zmíněného antibiotika.

- **Opakovaná ruptura vazů**

Opakovaná ruptura náhrady LCA patří k dalším závažným komplikacím léčby primárního poranění. Pokud není v tomto případě určena zjevná traumatická příčina opakovaného přetržení, je jeho vznik často přičítán selhání první rekonstrukce či nedostatečné rehabilitaci (Gomes, Palma & Ruthner, 2014).

Navzdory tomu, že se operační techniky, metody fixace štěpu i následná rehabilitace neustále rozvíjejí a zlepšují, incidence re-ruptur graftu či ruptur LCA na kontralaterální dolní končetině stále dosahuje zhruba 6% všech případů (Gupta et al., 2020). Gupta et al. (2019) navíc udávají, že v prvních 12 měsících od zákroku se častěji vyskytuje ruptura náhrady vazů na ipsilaterální dolní končetině, a to pravděpodobně z toho důvodu, že v tomto období prochází štěp procesem zrání a remodelace.

Pokud se tedy nehovoří o traumatickém původu opakované ruptury štěpu, jedná se o jeho selhání. To se může projevit neustávajícím pocitem nedostatečné stability kolene či pozitivitou Lachmanova a pivot-shift testu (Mohtadi & Grant, 2006). Mezi rizikové faktory selhání lze zařadit zvýšený posteriorní skluz tibie vůči femuru, vertikálně orientovaný a krátký femorální tunel, malpozici obou tunelů, asymetričnost ve funkci dolních končetin či nedostatečnou neuromuskulární kontrolu kolenního kloubu (Gupta et al., 2020). Dle Ziegler et al. (2021) je rovněž možné, že k selhání štěpu přispívá rozdílný obvod stehna na dolních končetinách, čili odlišný objem svaloviny, a také zvýšené hodnoty Beighton score zkoumající hypermobilitu.

Mohtadi et al. ve své randomizované klinické studii (2016) porovnávali riziko opakované ruptury u různých druhů štěpu v měřítku 2 let po rekonstrukci vazů. Z tohoto výzkumu vyplynulo, že použití BTB patellárního štěpu sebou nese nižší riziko

opakovaného poranění, než je tomu u graftů typu ST/G. Dle této studie navíc na traumatickou re-rupturu či selhání štěpu nemá žádný vliv šířka, tedy průměr samotného štěpu.

Dle Naik, Das & Kamat (2019) může selhání štěpu zapříčinit pooperační ortézování a to z toho důvodu, že při dlouhodobé aplikaci ortézy dochází k inhibici m. quadriceps femoris, čímž vzroste zatížení štěpu, který se následně může rozvolnit. I proto se v posledních letech klade důraz na časnou rehabilitaci zaměřenou na správné posílení tohoto svalu a dosažení potřebného rozsahu pohybu.

K dlouhodobým komplikacím po rekonstrukci LCA, selhání štěpu nevyjímaje, může dle Yong (2018) přispět i psychický stav pacienta, zejména pokud se jedná o strach či přehnanou úzkost z možného výskytu opakované ruptury štěpu. Poranění vazy totiž může pozměnit existující neurální síť centrálního nervového systému, a z toho důvodu mohou mít pacienti, kteří prodělali poranění LCA, různorodou kortikální adaptaci v těch částech mozku, jež jsou zodpovědné za vnímání sensorických vjemů. Zmíněné oblasti mozku jsou důležitým prvkem adekvátní neuromuskulární kontroly pohybu, dynamické stability kloubů či plánované motoriky. Frontální kortikální regiony mozku, zajišťující volní pohyb, jsou navíc velkou měrou ovlivňovány emocemi. Z toho důvodu může mít strach a jiné negativní emoce spojené s tímto poraněním značný vliv na následné komplikace po zákroku, včetně selhání štěpu.

Pokud se jedná o traumatický původ opakované ruptury náhrady LCA, nejčastější příčinou bývá neadekvátní zatížení kolenního kloubu. Khalil et al. (2020) ve svém výzkumu porovnávali dvě skupiny hráčů basketbalu americké NBA. Obě dvě skupiny podstoupily plastiku předního zkříženého vazy, přičemž první skupina dále vyžadovala revizní operaci pro opakovanou rupturu (v průměru po zhruba pěti odehraných sezónách), u druhé skupiny zůstal nahrazený štěp intaktní. Ze získaných dat ohledně počtu tréninků a odehraných zápasů vyplynulo, že první skupina kontinuálně procházela daleko větším pracovním zatížením, než tomu bylo u skupiny druhé, z čehož vyplývá, že neadekvátní zatěžování může mít na případnou re-rupturu graftu významný vliv.

V případě opakované ruptury jsou pacienti indikováni v revizním operacím, při nichž je důležité určit příčinu selhání graftu. Následně je aplikován nový štěp. Za užití RTG snímku či MR nebo CT lze zjistit, zda je možné správnou lokalizaci tunelů přímo navrtat, anebo je potřeba staré tunely vyplnit štěpy. Pokud jsou totiž tunely dilatovány, probíhá rekonstrukce ve dvou etapách. V té první jsou staré kostní tunely vyplněny štěpy a zhruba za 3-6 měsíců se provádí samotná rekonstrukce vazy. Při těchto zákrocích se

využívají jak autogenní, tak allogenní štěpy, opakovaný odběr štěpu z ligamentum patellae se však nedoporučuje. Rehabilitace po revizních operacích by měla být daleko umírněnější (Dungl, 2014).

- **Riziko posttraumatické osteoartrózy**

Posttraumatická osteoartróza (PTOA) kolenního kloubu je další z velmi závažných komplikací rekonstrukce předního zkříženého vazů, a to zejména pokud je bráno v potaz, že se tyto zákroky provádějí především u mladých, sportovně aktivních jedinců. Osteoartróza je charakterizována ztrátou kloubní chrupavky a zmenšením kloubního prostoru. Je spojena s tvorbou osteofytů, subchondrálních změn na kosti či kostních cyst. Subjektivně je tento stav pocíťován jako bolest, kloubní ztuhlost a funkční nedostatečnost daného kloubu (Cheung, 2020).

Dle Cheung et al. (2020) se osteoartróza operovaného kolena vyskytne zhruba u poloviny pacientů, kteří podstoupili plastiku LCA, a to v měřítku 5-15 let od samotné rekonstrukce vazů. Bodkin et al. (2018) ve svém výzkumu zkoumali incidenci vzniku PTOA u 10 565 pacientů, kteří absolvovali náhradu LCA v posledních 5 letech. Z toho nález PTOA figuroval celkem u 517 jedinců. Dvě procenta těchto osteoartróz byla navíc diagnostikována již v prvních 6 měsících po zákroku.

Rizikovými faktory pro vznik posttraumatické OA jsou věk, pohlaví, obezita, současné poranění menisků a kouření (Bodkin, 2018). Dle Rothrauff et al. (2020) je incidence PTOA nižší u anatomických rekonstrukcí vazů oproti neanatomickým. Také přítomnost změn na chrupavce či jejího poškození ještě před samotným úrazem či zákrokem je pro vznik PTOA stěžejní (Rothrauff et al., 2020). Rovněž výskyt opakované ruptury LCA má na vznik PTOA velký vliv. Södermann et al. (2020) ve své studii sledovali 134 pacientů, jež podstoupili rekonstrukci vazů, a to v měřítku 28 – 33 let po zákroku. V tomto výzkumu bylo prokázáno, že i více než 30 let po operaci zůstalo zhruba 50% graftů intaktních. U jedinců, kteří utrpěli opakovanou rupturu LCA, byl výskyt posttraumatické OA častější.

Příčinou vzniku PTOA jsou změny v morfologii, kompozici a hydrataci chrupavky kolenního kloubu. Tyto změny snižují toleranci chrupavčité tkáně vůči třecím a střížným silám. Po rekonstrukci vazů bývá často změněna kinematika chůze, čímž se zatížení kolene může přesunout do míst, kde chrupavka k podobnému zatížení není uzpůsobená, tím pádem pak dochází k jejímu poškození (Wang et al., 2020).

1.4.3.3 Konzervativní léčba

Hlavním prvkem konzervativní léčby je především fyzioterapie a její metody. Cílem terapie je obnovit dynamickou stabilitu kloubu. Jakmile dojde ke zklidnění bolesti kolene a zmírnění otoku po samotném poranění, je nutné zahájit řízenou rehabilitaci. Ta sestává z posilování stehenního svalstva a jeho správné koordinace, tréninku propriocepce a vytrvalosti. Cvičení a manuální ošetření tkání bývá také často doplněno adekvátně zvolenou elektroléčbou. Nutno však podotknout, že fyzioterapie je využívána i u těch jedinců, které rekonstrukce LCA teprve čeká, aby došlo k co nejlepší stabilizaci kolenního kloubu ještě před samotným zákrokem (Čížková, 2012).

Konzervativní léčba je nejčastěji indikována u pacientů, jejichž nároky na kolenní kloub nejsou tak vysoké, jako je tomu např. u aktivních sportovců nebo jedinců vyžadující rychlou změnu směru a rychlosti pohybu v kloubu (Tsoukas, 2015). Gföller et al. (2019) navíc tvrdí, že konzervativní terapie indikovaná správnému pacientovi sebou nese výhodu nižší incidence posttraumatické osteoartrózy.

Dle Krause et al. (2018) se ke sportu vykonávaném na stejné úrovni jako před poraněním vrátí zhruba jen 19 % pacientů, jež rupturu LCA řešili konzervativně. Jedná se především o insuficienci ve stabilitě kloubu a častější výskyt tzv. giving-way fenoménu, které brání k plnému návratu k původní aktivitě.

1.5 Změny senzomotoriky a neuromuskulární kontroly po rekonstrukci LCA

Stoj a chůze mohou být u pacienta po plastice LCA ovlivněny mnoha faktory. Nejčastěji se jedná o přirozené omezení rozsahu pohybu kolenního kloubu či snížení svalové síly kolemkloubních svalů, které jsou důsledkem samotného zákroku a následné imobilizace (Wrzesien, Truszczynska-Baszak & Rzepka, 2019). Nemalý vliv na pohyb a zatížení dolních končetin při stožení a chůzi má jistě i senzomotorika a celkově neuromuskulární kontrola, čili jakási nevědomá souhra funkce svalů zodpovědná za dynamickou stabilitu DKK, to vše skrze aferentní informace přiváděné do centrálního nervového systému (CNS) a následně vytváření adekvátní motorické odpovědi (Wikstrom et al., 2006).

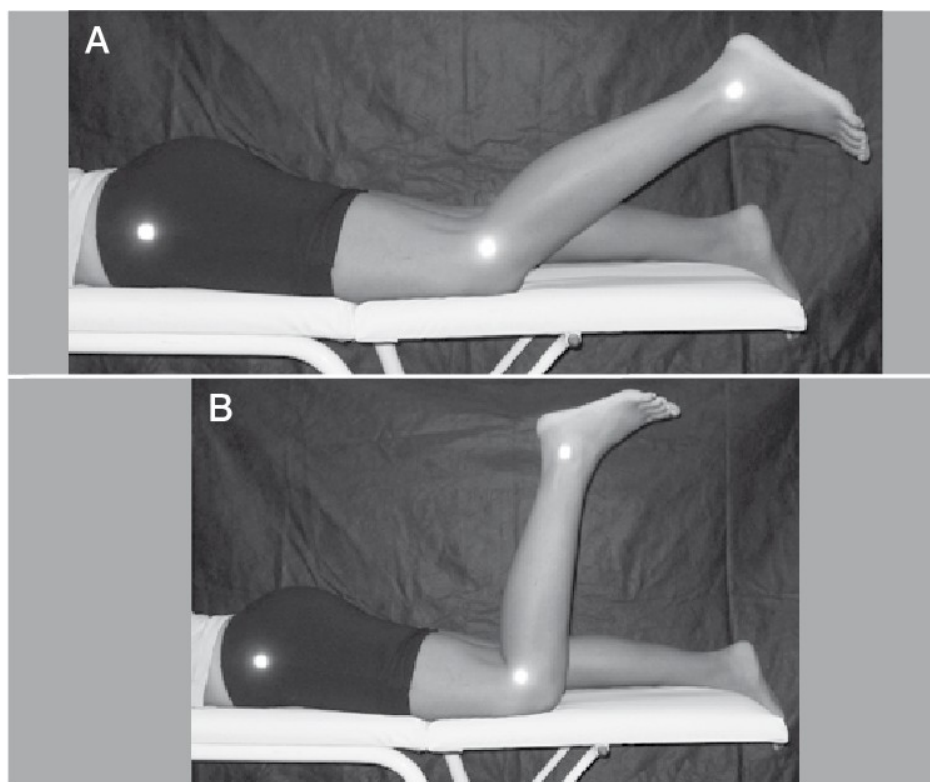
Senzomotoriku lze chápat jako souhru vjemů smyslových a pohybových orgánů zajišťující dodávání těchto podnětů do CNS s následnou adekvátní motorickou odpovědí. Tyto vjemy jsou označovány jako somatosenzorické a jsou detekovány pomocí mechanoreceptorů, chemoreceptorů, fotoreceptorů a volných nervových zakončení. Z hlediska pohybu a senzomotoriky jsou stěžejní především mechanoreceptory, mezi něž se mimo jiné řadí např. svalová vřeténka a Golgiho šlachová tělíska. Tyto receptory se nacházejí ve svalech a šlachách, přičemž jejich úkolem je kontrolovat napětí svalu a zároveň bránit jeho přepětí. Mechanoreceptory nezbytné pro lidský pohyb se také vyskytují ve vestibulárním aparátu vnitřního ucha, jehož úkolem je udržovat rovnováhu hlavy a těla v prostoru (Wikstrom et al., 2006).

Kloubní pouzdro a nitrokloubní vazy, včetně předního zkříženého vazy, obsahují proprioceptory, čili smyslové receptory, vnímající polohu a pohyb jednotlivých částí těla. Jsou to rovněž mechanoreceptory dělicí se dále do čtyř skupin. Mechanoreceptory I. a II. typu se nacházejí v kloubním pouzdře, synoviální membráně i kloubních vazech. Jsou to např. Ruffiniho a Vater-Paciniho tělíska, či tělíska jim se podobající, tedy tělíska Ruffiniformní a Paciniformní. První ze zmíněných detekují ustálenou pozici v kloubu (statestézii), druhá skupina je naopak zodpovědná za detekci pohybu v kloubu (kinestézii). Mechanoreceptory III. typu jsou vysokoprahové receptory, které reagují v krajním rozsahu pohybu. Poslední, čtvrtý typ mechanoreceptorů, jsou volná nervová zakončení v kloubních vazech, pouzdře, ale třeba i tukové tkáni či pochvách cév daného kloubu. Nelze opomenout

ani kožní mechanoreceptory, které se na vnímání polohy a pohybu těla taktéž podílejí. (Riemann & Lephart, 2002).

Pro adekvátní senzomotorické reakce je nezbytná schopnost propiocepce. Tu lze popsat jako souhrn aferentních informací z periferních částí těla, které se podílejí např. na zajištění posturální kontroly či kloubní stability (Krakovská, 2017). Propriocepce je zprostředkovávána výše zmíněnými mechanoreceptory. Vzhledem k tomu, že při rekonstrukci LCA bývá vaz nahrazován tkání, která k této funkci není primárně určená, může po takovém zákroku dojít právě ke změnám v propiocepci, které se pak klinicky projeví např. změnami v zatížení stoje či chůzovém stereotypu. Zároveň se porucha propiocepce podílí na vzniku funkční instability kloubu (Courtney et al., 2019).

K vyšetření propiocepce v následujících studiích byl využit tzv. joint position sense (JPS) test. Při něm jsou vyšetřovanému vyznačeny orientační body na velkém trochanteru, štěrbíně kolenního kloubu a zevním kotníku. Poté si proband lehne na břicho a vyšetřující pasivně uvede koleno vyšetřované dolní končetiny do určité polohy, kterou se pak snaží proband sám aktivně zopakovat. Test je prováděn v různých stupních flexe kolenního kloubu a vyšetřující ke změření jednotlivých úhlů vždy používá goniometr, kterým pak srovnává odchylky v pasivním uvedení kolene do dané pozice a aktivním zaujetím téže pozice (Furlanetto et al., 2016).



Obrázek 6. Joint position sense test kolenního kloubu (www.researchgate.net)

Courtney et al. (2019) měřili u 20 jedinců, jež v minulosti podstoupili rekonstrukci LCA, kvalitu propriocepce a vibračního cití v oblasti operované dolní končetiny, kterou srovnávali s jedinci v kontrolní skupině. Z výsledků studie vyplývá, že propriocepce i vibrační cití u operovaných probandů vykazovaly výrazný deficit ve srovnání s kontrolní skupinou, a to bez ohledu na dobu, která od zákroku uběhla. Typ operace a použití různých druhů štěpů neměly na výsledky tohoto výzkumu žádný vliv. Snížení kvality propriocepce bylo spojeno se změnami v zatěžování operované dolní končetiny, zhoršení posturální kontroly a Courtney et al. navíc uvádějí, že je tento stav potenciální predispozicí k dalšímu poranění kolenního kloubu. Dle těchto autorů dochází k takovým změnám skrze poškození axonů periferních nervů zásobujících oblast kolene. To vede ke ztrátě aferentních vstupů ze sensorických vláken uložených v nitrokloubních vazech. Bali et al. (2011) proto navrhují, aby při rekonstrukci LCA autogenním či allogenním štěpem zůstala zbytková vlákna původního vazy zachována, čímž by teoreticky mohlo dojít k funkčnímu zlepšení po samotném zákroku na základě uchování aferentního vstupu z původní tkáně. Toto tvrzení však vyvrací Fridén et al. (2001), kteří říkají, že ačkoliv je propriocepce zprostředkovávána skrze kloubní struktury, svaly a kožní receptory, je ve skutečnosti podmíněná svalovým

vřeténkem a vstupy z něj, tudíž ponechání zbytku poškozeného vazů by nemělo mít na kvalitu propriocepce žádný vliv.

Apkarian, Stea & Bolanowski (2009) dodávají, že somatosenzorické vjemy mohou být inhibovány i skrze bolest, která v operovaném kolenu přetrvává, někdy i několik týdnů až měsíců po samotném zákroku. Inhibice ovšem vzniká mechanismem centrálním, nikoli periferním. Dle Courtney et al. (2019) je však složité určit, zda snížená kvalita propriocepce a dalších somatosenzorických vjemů, jako např. vibrační cití a taktilní cití, je důsledkem rekonstrukce LCA, anebo byl tento impairment přítomen již před operací či samotným poraněním vazů.

Také Furlanetto et al. (2016) se přiklánějí k tomu, že zhoršení propriocepce je způsobeno ztrátou mechanoreceptorů, především Ruffiniho a Paciniho tělísek, ke které dochází během odstranění zbytku poraněného vazů. Nicméně v této studii nebyl u pacientů 6 měsíců po rekonstrukci vazů zaznamenán žádný deficit v propriocepci, dle autorů pravděpodobně z toho důvodu, že po zákroku dochází k regeneraci těchto mechanoreceptorů, která nastává již okolo třetího měsíce po operaci.

Dle Furlanetto et al. (2016) se současné poznatky o ztrátě propriocepce po rekonstrukci LCA značně liší. Zatímco výzkum Muaidi et al. (2009) prokázal signifikantní rozdíly v propriocepci mezi operovanou a neoperovanou dolní končetinou 6 měsíců po zákroku, studie Shidahara et al. (2011) naopak tvrdí, že se propriocepce během výše zmíněné doby plně zregeneruje a nejsou přítomny její nedostatky. Jeden z důvodů rozdílných výsledků studií zabývajících se tímto tématem by mohl být odlišný úhel, ve kterém je propriocepce kolenního kloubu vyšetřována. Žádné nebo nepatrné známky snížení kvality propriocepce byly registrovány v 0-20° a 80-100° flexe, kdy obecně dochází k minimálnímu napětí předního zkříženého vazů. Naopak při flexi 40-60° se změny projeví již výrazněji.

Courtney et al. (2011) ve své další studii popisují změny v centrálním nervovém systému, které následovaly po rekonstrukci LCA. Pozoroval např. zvýšenou excitabilitu flexorového reflexu, změnu somatosenzorických evokovaných potenciálů či pozměněný nález na funkční magnetické rezonanci oproti kontrolní skupině, jež žádnou operaci na dolní končetině neprodělala. Předpokládá se, že k těmto změnám dochází z důvodu somatosenzorické reorganizace – jelikož zde není dostatek aferentních vstupů z poraněného vazů, mění se i motorická kontrola řízená centrálním nervovým systémem.

Změny aktivity CNS po rekonstrukci LCA byly rovněž potvrzeny ve výzkumu Criss, Onate & Grooms (2020), kteří pomocí funkční magnetické rezonance porovnávali

mozkovou aktivitu při pohybu kolene a kyčle. Úkolem vyšetřovaného bylo v leže na zádech postupně přitahovat operovanou dolní končetinu sunutím paty směrem k břichu a následně ji vrátit do původní, extendované pozice. Tento pohyb byl vykonáván ve čtyřech po sobě následujících cyklech, z nichž každý trval 30 sekund. Výsledky pak byly porovnány s kontrolní skupinou bez jakékoli patologie či poranění vyšetřované dolní končetiny. Ve skupině probandů s plastikou LCA byla registrována vyšší aktivita parietookcipitálních oblastí mozku, které jsou zodpovědné za zpracování zrakových vjemů, prostorovou představivost a pozornost. Lze tedy říci, že z důvodu omezení aferentních podnětů z oblasti operovaného kolenního kloubu jsou aktivovány výše zmíněné funkce za účelem zlepšení motorické kontroly.

Neuromuskulární kontrolu lze definovat jako souhru svalové funkce, která je zodpovědná za dynamickou kloubní stabilitu. Jedná se o postupnou aktivaci svalů v požadovaném vzorci. Důležitou roli zde hraje timing (načasování) aktivace jednotlivých svalových skupin, ale i vývoj jejich momentů sil v prostoru a čase. Ruptura LCA ale i poškození již rekonstruovaného vazů mohou být často způsobeny neadekvátním časovým rozložením svalové aktivity v anteroposteriorním i laterolaterálním směru, a to především ve stojné fázi krokového cyklu nebo např. při doskocích. Hlavní roli zde hrají flexory a extensory kolenního kloubu, zejména tedy jejich kokontrakce (Krakovská, 2017). Dle Smékala & Mayera (2004) by se měly hamstringy jako pomocné stabilizátory předního zkříženého vazů při pohybu aktivovat jako první, poté následuje aktivace vastů a bércevého svalstva. Pokud dochází k předčasné aktivaci m. quadriceps femoris či jeho nadměrné aktivitě, lze tento stav považovat za další z rizikových faktorů poškození LCA či jeho náhrady.

Vzhledem k tomu, že neuromuskulární kontrola kolenního kloubu je závislá na dostatečné kvalitě aferentních vstupů ze samotného kloubu i jeho okolních struktur, je pravděpodobné, že po rekonstrukci LCA bude docházet k jejímu zhoršení. K obnově adekvátní neuromuskulární kontroly slouží především pooperační rehabilitace, jejímž cílem je mimo jiné i dosáhnout dostatečného rozsahu pohybu kloubu a síly okolních svalů (Courtney et al., 2019).

Smeets et al. (2021) zkoumali kvalitu neuromuskulární kontroly pomocí EMG u jedinců s plastikou LCA při sestupování z 10 cm vysokého schůdku, přičemž během testování byly obě dolní končetiny pravidelně střídány. Postupně byl tento pohyb doplněn o kognitivní úkol (např. určování barvy textu, který byl vyšetřovaným promítán během

testu) nebo byla pevná došlapová plošina vyměněna za nestabilní plochu, aby došlo ke ztížení stabilizace kolenního kloubu při sestupování. Ve srovnání s kontrolní skupinou (jedinci bez poranění či operace na dolních končetinách) bylo zjištěno, že probandi, kteří podstoupili plastiku LCA, měli během testování nižší úroveň aktivace vnější i vnitřní hlavy m. quadriceps femoris a vnější hlavy m. gastrocnemius na operované dolní končetině. Naopak byla zjištěna větší aktivace celé skupiny hamstringů oproti kontrolní skupině, což dle Smeets et al. odpovídá tzv. arthrogenic muscle response (AMR), čili stavu, kdy jsou některé svalové skupiny reflexně inhibovány (extensory kolenního kloubu) a jiné zase facilitovány (flexory kolenního kloubu) za účelem ochránit poraněný kloub před případnými škodlivými pohyby. Výskyt AMR je u jedinců s rekonstrukcí LCA považován za důsledek změny aference z poškozených receptorů v oblasti kolene.

Zajímavým zjištěním tohoto výzkumu je fakt, že nejnižší úroveň aktivace kolemkloubního svalstva vykazovali probandi s plastikou LCA při scházení ze schůdku a zároveň plnění kognitivního úkolu, a to v daleko větší míře, než tomu bylo u skupiny kontrolní. To se děje pravděpodobně z toho důvodu, že neuromuskulární kontrola u operovaných jedinců vyžaduje daleko větší pozornost než u neoperovaných, čímž se tak snižuje jejich kapacita kognitivního zpracování. Pokud je tedy pozornost zacílena na plnění kognitivního úkolu, nezůstává již tolik kapacity pro adekvátní kontrolu zapojení konkrétního svalstva (Kapreli et al., 2009). Swanik et al. (2007) ovšem tvrdí, že snížená kapacita kognitivního zpracování není důsledkem ruptury vazy, nýbrž je u daného jedince přítomna již před samotným poraněním a může tak teoreticky být jedním z faktorů vzniku ruptury LCA.

1.6 Krokový cyklus

Vzhledem k tomu, že velká část vybraných parametrů chůze, které byly v rámci této práce měřeny a porovnávány, souvisí s krokovým cyklem, je nezbytné zmíněný cyklus alespoň v krátkosti rozebrat.

Základní jednotkou chůze je krokový cyklus, který je definován jako interval mezi dvěma stejně se opakujícími jevy během chůze. Pokud je tedy jako začátek cyklu označen např. úder pravé paty, celý cyklus poté trvá do té doby, dokud znovu nedojde ke kontaktu pravé paty s podložkou (Barošová & Promná, 2005).

Krokový cyklus se dělí na dvě fáze: stojnou (stance phase) a švihovou (swing phase), přičemž jejich vzájemný poměr při průměrné rychlosti chůze je zhruba 60:40 (Whittle, 1997).

1.6.1 Fáze krokového cyklu

Obě dvě zmíněné fáze krokového cyklu lze dle Bartošové & Promné (2005) dále rozdělit do těchto složek:

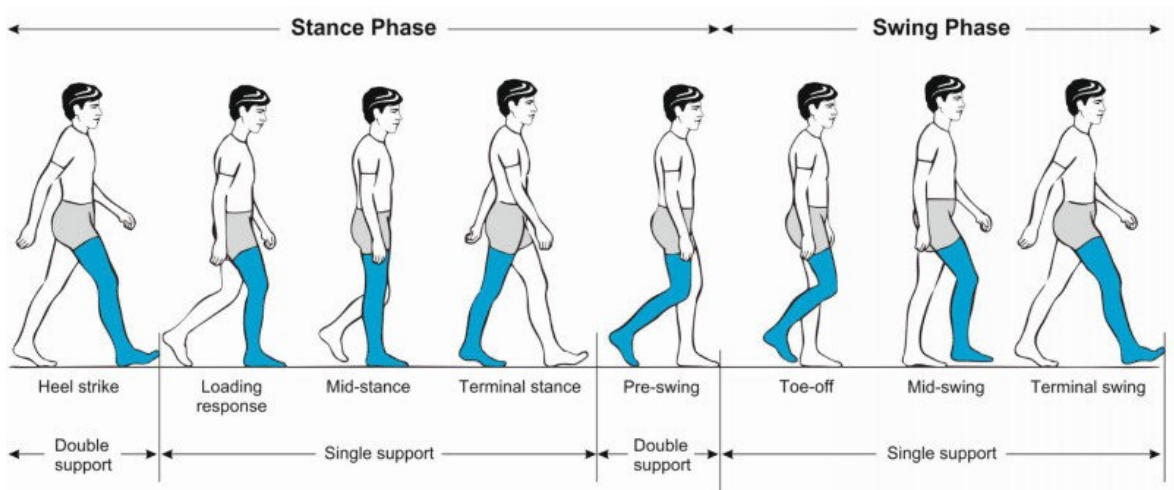
- **Stojná fáze (stance phase)**
 1. počáteční kontakt (initial contact) – kontakt paty se zemí
 2. fáze zatěžování (loading response) – nastává po kontaktu paty se zemí
 3. mezistoj (midstance) – kontakt obou dvou dolních končetin se zemí
 4. konečný stoj (terminal stance) – pata kontralaterální dolní končetiny se začíná odlepovat
 5. předšvihová fáze (preswing) – doba těsně před zvednutím kontralaterální dolní končetiny

- **Švihová fáze (swing phase)**

1. počáteční švih (toe off) – chodidlo se odlepuje od země, přetrvává do maximální flexe v kolenním kloubu

2. mezišvih (midswing) – doba mezi maximální flexí kolene a vertikálním postavením tibie

3. konečný švih (terminal swing) – doba mezi vertikálním postavením tibie a kontaktem paty se zemí



Obrázek 7. Krokový cyklus (www.researchgate.net)

2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo vyšetřit vybrané parametry stoje a chůze u jedinců, jež v minulosti prodělali plastiku LCA a poté rozdíl těchto parametrů na pravé a levé dolní končetině porovnat s rozdílem totožných parametrů u kontrolní skupiny. Vstupní kritéria pro zařazení do experimentální a kontrolní skupiny a průběh celého měření jsou dále popsána ve třetí kapitole věnující se metodice diplomové práce.

2.2 Vědecké otázky a hypotézy

Vědecká otázka č. 1

Existuje statisticky významný rozdíl mezi vybranými parametry stoje na pravé a levé dolní končetině u probandů s plastikou LCA ve srovnání s kontrolní skupinou?

H₀1: Rozdíl mezi procentuálním zatížením pravé a levé dolní končetiny ve stoji není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A1: Rozdíl mezi procentuálním zatížením pravé a levé dolní končetiny ve stoji je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H₀2: Velikost konfidenční elipsy není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A2: Velikost konfidenční elipsy je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

Vědecká otázka č. 2

Existuje statisticky významný rozdíl mezi vybranými časoprostorovými parametry krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině u probandů s plastikou LCA ve srovnání s kontrolní skupinou?

H₀3: Rozdíl mezi délkou kroku na pravé a levé dolní končetině není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A3: Rozdíl mezi délkou kroku na pravé a levé dolní končetině je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H₀4: Rozdíl mezi procentuálním zastoupením fáze mezistojie (*midstance*) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A4: Rozdíl mezi procentuálním zastoupením fáze mezistojie (*midstance*) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H₀5: Rozdíl mezi dobou, během které je vykonán jeden krok (*step time*) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A5: Rozdíl mezi dobou, během které je vykonán jeden krok (*step time*) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H₀6: Rozdíl mezi středními délkami linií, které popisují průběh COP na jedné noze během chůze (*single support line*) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A6: Rozdíl mezi středními délkami linií, které popisují průběh COP na jedné noze během chůze (*single support line*) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

Vědecká otázka č. 3

Existuje statisticky významný rozdíl mezi vybranými silovými parametry krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině u probandů s plastikou LCA ve srovnání s kontrolní skupinou?

H₀7: Rozdíl mezi velikostí prvního maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (*maximum force 1*) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A7: Rozdíl mezi velikostí prvního maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (*maximum force 1*) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H₀8: Rozdíl mezi velikostí druhého maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (*maximum force 2*) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

H_A8: Rozdíl mezi velikostí druhého maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (*maximum force 2*) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.

3 METODIKA PRÁCE

V rámci této diplomové práce byly hodnoceny parametry stoje a chůze u jedinců, jež prodělali plastiku předního zkříženého vazy. Tyto parametry pak byly srovnávány s jedinci v kontrolní skupině. Měření probíhalo v kineziologické laboratoři na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství ve Fakultní nemocnici v Motole pomocí přístroje Zebris FDM-T System. Účast ve výzkumu byla dobrovolná, všichni probandi byli předem seznámeni s průběhem měření a podepsali informovaný souhlas s měřením a prezentací naměřených dat v této práci.

3.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu se zúčastnilo celkem 36 probandů, kteří byli rozděleni do dvou skupin. První skupinu tvořilo 18 probandů, kteří v minulosti podstoupili plastiku LCA; druhá, kontrolní skupina, pak byla tvořena 18 jedinci bez jakékoliv diagnostikované patologie či subjektivních potíží kolenního kloubu. Celkově se výzkumu zúčastnilo 18 mužů a 18 žen ve věkovém rozmezí 20-50 let.

3.1.1 Charakteristika experimentální skupiny

Experimentální skupinu tvořilo celkem 18 probandů s plastikou LCA na jedné dolní končetině. Ve skupině bylo 10 žen a 8 mužů ve věkovém rozmezí 20 - 35 let. Vstupními kritérii pro experimentální skupinu byl věk v rozmezí 18 – 50 let, plastika LCA na jedné dolní končetině v posledních 1-10 letech, žádná přidružená poranění nebo poškození kolenního kloubu či jiných kloubů dolních končetin, žádná interní onemocnění, žádná neurologická onemocnění, žádná vážná vertebrogenní onemocnění a pravidelná pohybová aktivita.

Před samotným vyšetřením stoje a chůze vyplňovali probandi z experimentální skupiny krátký anamnestický dotazník týkající se ruptury předního zkříženého vazů, jenž přikládám v příloze. Cílem dotazníku bylo zjistit, kdy rekonstrukci vazů podstoupili, za jak dlouho po samotném úrazu byli k operaci indikováni, zda před a po zákroku docházeli na rehabilitaci a také jestli v současné době pociťují subjektivní obtíže spojené s tímto zákrokem.

	Kolik let uběhlo od rekonstrukce vazů?	Po jak dlouhé době od úrazu proběhla rekonstrukce vazů?	Rehabilitace před/po zákroku	Současné subjektivní obtíže operovaného kolenního kloubu
PROBAND 1	3	3 měsíce	po zákroku	ztuhlost, při větší zátěži otok, bolest, nestabilita
PROBAND 2	8	1 rok	po zákroku	někdy bolest
PROBAND 3	6	8 měsíců	bez rehabilitace	bez obtíží
PROBAND 4	6	4 měsíce	po zákroku	mírná bolest při normální aktivitě, zvýšená při náročnější fyzické aktivitě, pocit nestability
PROBAND 5	10	5 měsíců	po zákroku	bolest při dřepu
PROBAND 6	4	1 měsíc	po zákroku	bez obtíží
PROBAND 7	2	1 rok	po zákroku	pocit nestability při vyšší fyzické aktivitě
PROBAND 8	5	6 měsíců	po zákroku	hypotrofie stehenního svalstva, pocit nestability
PROBAND 9	10	1 rok	po zákroku	omezení extenze, bolest a otok po vyšší fyzické námaze
PROBAND 10	1	2 měsíce	před i po zákroku	bolest, otok a pocit nestability

PROBAND 11	6	5 měsíců	po zákroku	pocit nestability, někdy bolest
PROBAND 12	1	8 let	před i po zákroku	bolest a pocit nestability
PROBAND 13	8	6 měsíců	bez rehabilitace	bez obtíží
PROBAND 14	4	6 měsíců	po zákroku	bez obtíží
PROBAND 15	1	3 měsíce	před i po zákroku	omezení flexe, ztuhlost
PROBAND 16	2	8 měsíců	po zákroku	pocit tahu po zvýšené fyzické aktivitě
PROBAND 17	5	5 měsíců	po zákroku	bolest při vyšší fyzické námaze
PROBAND 18	2	5 měsíců	před i po zákroku	nelze klečat

Tabulka 1. Zpracování odpovědí z anamnestického dotazníku

3.1.2 Charakteristika kontrolní skupiny

Kontrolní skupina byla tvořena celkem 18 probandy, z toho 8 ženami a 10 muži ve věkovém rozmezí 24 - 50 let. Vstupními kritérii pro kontrolní skupinu bylo věkové rozmezí 18 – 50 let, žádná poranění či poškození kolenního kloubu a dalších kloubů dolních končetin, žádná interní onemocnění, žádná neurologická onemocnění, žádná vážná vertebrogenní onemocnění a pravidelná pohybová aktivita.

3.2 Metodika vyšetření

Měření probíhalo v kineziologické laboratoři Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství ve FN Motol. Všichni probandi absolvovali každé měření samostatně, bez možnosti sledovat test u jiné osoby. Před samotným měřením každý proband z experimentální skupiny vyplnil krátký anamnestický dotazník týkající se jejich plastiky LCA, jenž přikládám v příloze. Probandi z kontrolní skupiny dotazník nevyplňovali. Poté byli probandi seznámeni s průběhem měření na přístroji Zebris FDM-T System a mohli si

stoj i chůzi na chodícím pásu nanečisto vyzkoušet. Před každým měřením byla nutná kalibrace chodícího pásu, přičemž v době jejího trvání stál proband mimo plochu pásu. Při vyšetření stoje byl proband vyzván, aby se postavil na chodící pás a díval se před sebe. Měření stoje probíhalo po dobu třiceti sekund. Následovalo vyšetření chůze, při němž byl pás zapnut a jeho rychlost se postupně zvyšovala dle individuálních požadavků probanda tak, aby odpovídala jeho přirozené chůzi, která byla následně zaznamenávána po dobu jedné minuty.

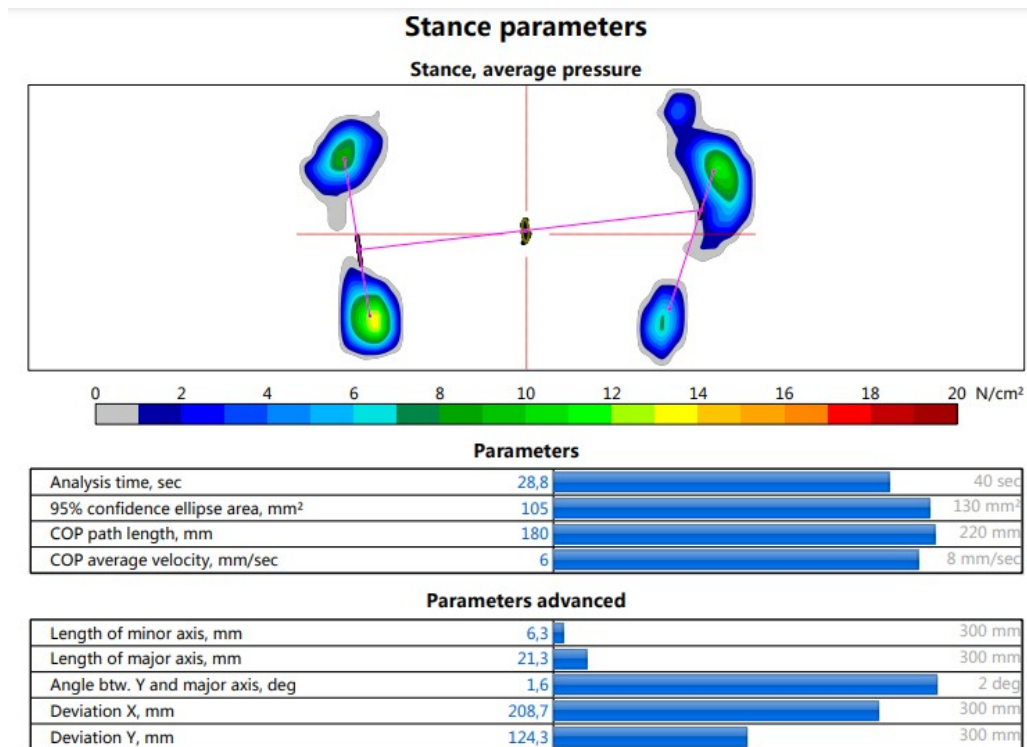
3.2.2 Zebris FDM-T System

Zebris FDM-T System je chodící pás se zabudovanou silovou plošinou umožňující analýzu chůze i stoje. Pás je poháněn elektricky a umožňuje vyšetření chůze, ale např. i běhu o přesně stanovené konstantní rychlosti. Základem tohoto přístroje je deska se zabudovanými piezoelektrickými či tenzometrickými snímači generujícími napětí v okamžiku silového působení na povrch desky. Napětí je poté konvertováno v elektrický signál, který se dále zaznamenává a zpracovává. Naměřené parametry lze poté zobrazit v programu Zebris (Kolářová et al., 2014).

V této diplomové práci byly zkoumány následující parametry stoje a chůze:

Vybrané parametry stoje

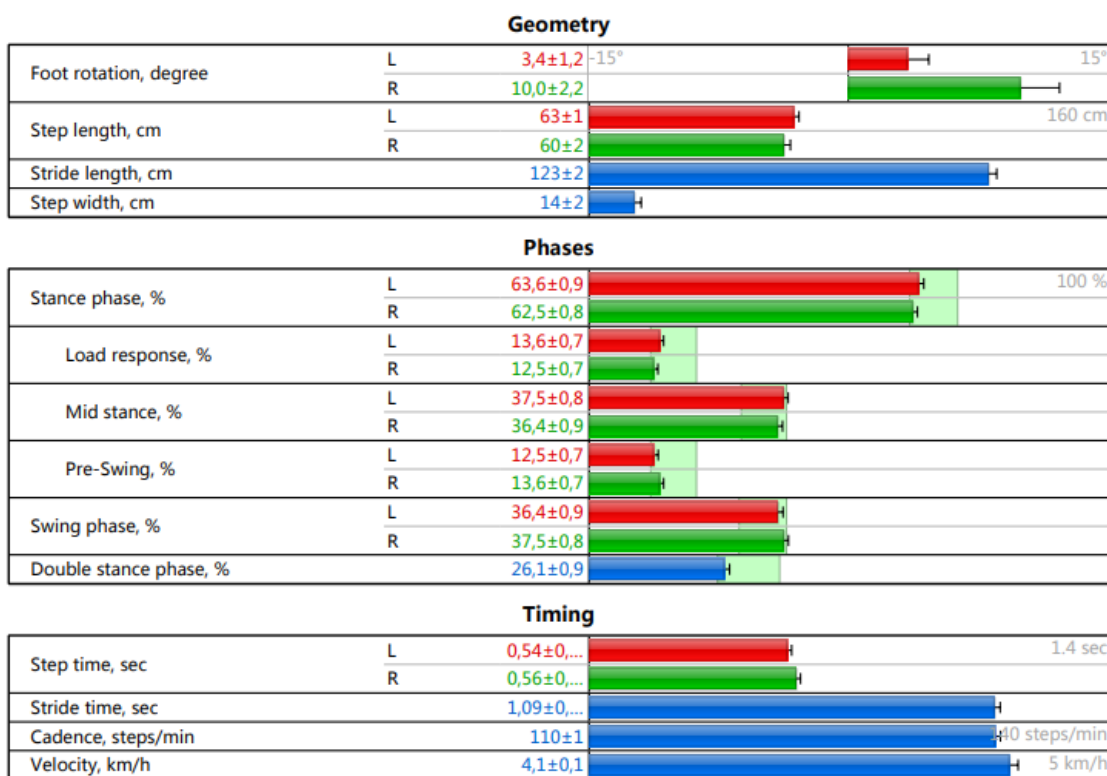
- *average forces [%]* - průměrné procentuální zatížení chodidel
- *95% confidence ellipse area [mm²]* – plocha čítající 95% všech projekcí COP (center of pressure)



Obrázek 8. Ukázka protokolu vyšetření chůze – parametry stoje

Vybrané časoprostorové parametry chůze a krokového cyklu

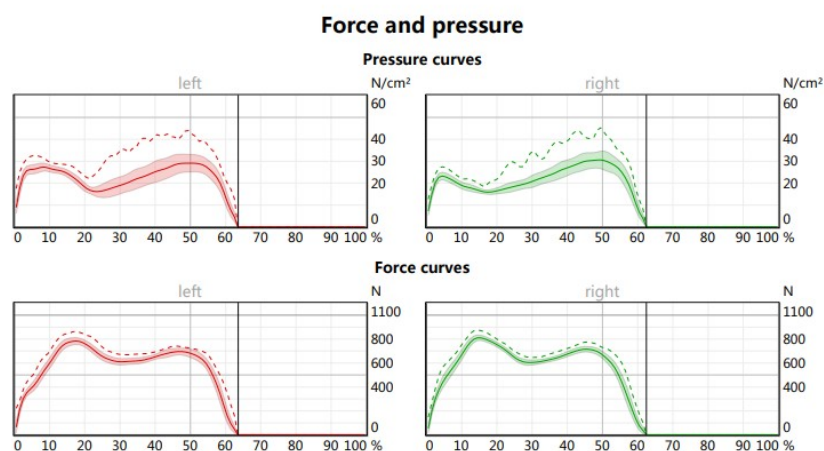
- *step length [cm]* – délka kroku; vzdálenost mezi kontaktem pravé a levé paty dolní končetiny v centimetrech
- *mid stance [%]* - procentuálně vyjádřená doba od odrazu kontralaterální dolní končetiny po přenesení váhy na stojnou dolní končetinu
- *step time [s]* – doba mezi kontaktem paty jedné dolní končetiny a kontaktem paty druhé dolní končetiny
- *single support line [mm]* – střední délka linií popisujících průběh COP během chůze v milimetrech



Obrázek 9. Ukázka protokolu vyšetření chůze – časoprostorové parametry

Vybrané silové parametry chůze a krokového cyklu

- *maximum force 1 [N]* – velikost prvního maxima reakční síly stojné fáze krokového cyklu (heel strike)
- *maximum force 2 [N]* – velikost druhého maxima reakční síly stojné fáze krokového cyklu (toe off)



Obrázek 10. Ukázka protokolu vyšetření chůze – silové parametry

3.3 Statistické zpracování dat

Ke statistické analýze dat byl využit program Microsoft Excel a IBM SPSS Statistics Data Editor. Před provedením jednotlivých testů bylo posouzeno rozdělení dat. V každém naměřeném parametru bylo rozdělení napříč skupinami nenormální, tudíž byl k ověřování hypotéz využit neparametrický Mannův-Whitneyův test. Hladina signifikance byla stanovena na 5%. Pokud byl tedy výsledek testu $p < 0,05$, nulová hypotéza byla zamítnuta a byla přijata hypotéza alternativní.

4 VÝSLEDKY

4.1 Vědecká otázka č.1

Existuje statisticky významný rozdíl mezi vybranými parametry stoje na pravé a levé dolní končetině u probandů s plastikou LCA ve srovnání s kontrolní skupinou?

4.1.1 Ověření hypotézy H1

První hypotéza H1 zkoumá symetrii v zatížení dolních končetin ve stoji. Nulová hypotéza H_{01} zní: *Rozdíl mezi procentuálním zatížením pravé a levé dolní končetiny ve stoji není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* K nulové hypotéze byla stanovena tato alternativní hypotéza H_{A1} : *Rozdíl mezi procentuálním zatížením pravé a levé dolní končetiny ve stoji je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* K ověření hypotézy byl využit parametr *Total average forces* vyjádřen v procentech pro každou dolní končetinu. Hodnoty obou dolních končetin byly od sebe odečteny, čímž vznikl jejich rozdíl. Přehled jednotlivých hodnot zatížení a jejich rozdílů jsou uvedeny v Tabulce 2, 3 a 4.

	LDK	PDK
PROBAND 1	51	49
PROBAND 2	50	50
PROBAND 3	51	49
PROBAND 4	46	54
PROBAND 5	53	47
PROBAND 6	48	52
PROBAND 7	50	50
PROBAND 8	50	50
PROBAND 9	50	50
PROBAND 10	43	57
PROBAND 11	48	52
PROBAND 12	50	50
PROBAND 13	46	54
PROBAND 14	47	53
PROBAND 15	54	46
PROBAND 16	48	52
PROBAND 17	43	57
PROBAND 18	54	46

Tabulka 2. Hodnoty procentuálního zatížení chodidel pro pravou a levou dolní končetinu v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

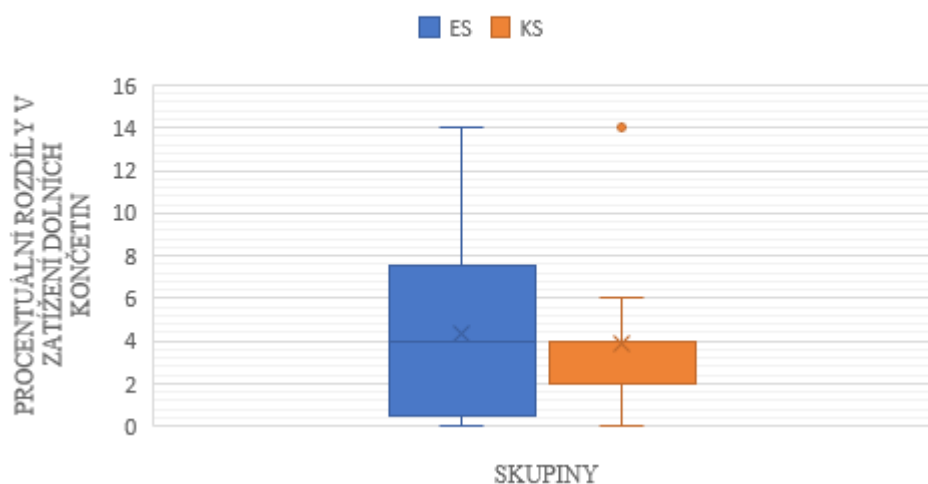
	LDK	PDK
PROBAND 1	49	51
PROBAND 2	49	51
PROBAND 3	47	53
PROBAND 4	57	43
PROBAND 5	48	52
PROBAND 6	48	52
PROBAND 7	52	48
PROBAND 8	49	51
PROBAND 9	47	53
PROBAND 10	48	52
PROBAND 11	50	50
PROBAND 12	50	50
PROBAND 13	52	48
PROBAND 14	52	48
PROBAND 15	49	51
PROBAND 16	52	48
PROBAND 17	48	52
PROBAND 18	49	51

Tabulka 3. Hodnoty procentuálního zatížení chodidel pro pravou a levou dolní končetinu v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	2	2
PROBAND 2	0	2
PROBAND 3	2	6
PROBAND 4	8	14
PROBAND 5	6	4
PROBAND 6	4	4
PROBAND 7	0	4
PROBAND 8	0	2
PROBAND 9	0	6
PROBAND 10	14	4
PROBAND 11	4	0
PROBAND 12	0	0
PROBAND 13	8	4
PROBAND 14	6	4
PROBAND 15	8	2
PROBAND 16	4	4
PROBAND 17	4	4
PROBAND 18	8	3

Tabulka 4. Rozdíly mezi procentuálním zatížením pravé a levé dolní končetiny.
ES = experimentální skupina, KS = kontrolní skupina

Zatížení dolních končetin



Graf 1. Procentuální rozdíly v zatížení dolních končetin. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

Vzhledem k tomu, že se jednalo o nenormální rozložení dat, byl k porovnání procentuálních rozdílů využit neparametrický Mannův – Whitneyův test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 5.

Zatížení chodidel								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	4,33	4	15,17	7	0	14	3,89	0,685
KS	3,83	4	9,2	2	0	14	3,03	

Tabulka 5. Popisná statistika hodnot rozdílů mezi procentuálním zatížením pravé a levé dolní končetiny. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina, *SD* = směrodatná odchylka

Pro parametr zatížení pravé a levé dolní končetiny ve stoji nelze nulovou hypotézu zamítnout. V kontrolní skupině jsou sice průměrné hodnoty procentuálních rozdílů mezi zatížením končetin nižší než ve skupině experimentální, nicméně dosažená hladina významnosti $p = 0,685$ dokazuje, že tento rozdíl není statisticky významný. Minimální a maximální hodnoty rozdílů v procentuálním zatížení dolních končetin se v obou skupinách shodují.

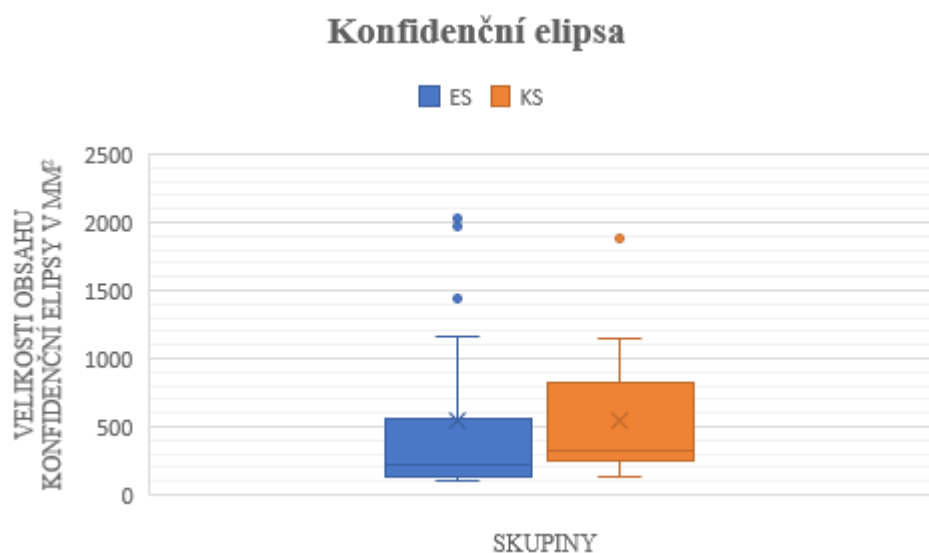
4.1.2 Ověření hypotézy H2

Druhá hypotéza H2 se zabývá velikostí konfidenční elipsy. Konkrétně nulová hypotéza H_02 zní: *Velikost konfidenční elipsy není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Alternativní hypotéza H_A2 byla sestavena takto: *Velikost konfidenční elipsy je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Pro testování této hypotézy byl využit parametr *95 % confidence ellipse area*, tedy velikost elipsy, která je tvořena 95 % všech poloh COP ve stoji, vyjádřen v mm². Hodnoty jednotlivých velikostí konfidenční elipsy jsou uvedeny v Tabulce 6.

	ES	KS
PROBAND 1	147	854
PROBAND 2	126	272
PROBAND 3	105	981
PROBAND 4	212	133
PROBAND 5	1964	153
PROBAND 6	605	302
PROBAND 7	1444	194
PROBAND 8	107	361
PROBAND 9	1169	143
PROBAND 10	225	298
PROBAND 11	258	269
PROBAND 12	296	1149
PROBAND 13	115	368
PROBAND 14	156	906
PROBAND 15	438	1878
PROBAND 16	2023	251
PROBAND 17	134	740
PROBAND 18	168	623

Tabulka 6. Hodnoty velikostí konfidenční elipsy v mm².

ES = experimentální skupina, KS = kontrolní skupina



Graf 2. Rozdíly ve velikostech obsahu konfidenční elipsy. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

I v tomto případě se jednalo o nenormální rozdělení dat, tudíž byl k ověření této hypotézy rovněž využit Mannův – Whitneyův test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 7.

Konfidenční elipsa								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	538,44	218,5	419660,96	426	105	2023	647,81	0,195
KS	548,611	331,5	213651,32	570	133	1878	462,22	

Tabulka 7. Popisná statistika hodnot velikostí konfidenční elipsy.

ES = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina, *SD* = směrodatná odchylka

Pro parametr velikosti konfidenční elipsy taktéž nelze nulovou hypotézu zamítnout. Průměrné i minimální hodnoty jsou v kontrolní skupině vyšší než ve skupině experimentální, u maximálních hodnot je tomu naopak. Hladina signifikance $p = 0,195$ svědčí pro statistickou nevýznamnost tohoto testování.

4.2 Vědecká otázka č. 2

Existuje statisticky významný rozdíl mezi vybranými časoprostorovými parametry krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině u probandů s plastikou LCA ve srovnání s kontrolní skupinou?

4.2.1 Ověření hypotézy H3

Hypotéza H3 se zabývá symetrií délek kroků. Nulová hypotéza H_03 zní: *Rozdíl mezi délkou kroku na pravé a levé dolní končetině není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* K této hypotéze byla stanovena alternativní hypotéza H_{A3} : *Rozdíl mezi délkou kroku na pravé a levé dolní končetině je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* K ověření hypotézy byl využit parametr *step length*, který byl vyjádřen v centimetrech pro každou dolní končetinu. Průměrné délky kroků na každé končetině byly od sebe odečteny a jejich rozdíly byly následně porovnány mezi oběma skupinami. Přehled jednotlivých hodnot délek kroků a jejich rozdílů jsou uvedeny v Tabulce 8, 9 a 10.

	LDK	PDK
PROBAND 1	66	68
PROBAND 2	65	66
PROBAND 3	63	60
PROBAND 4	68	64
PROBAND 5	67	66
PROBAND 6	62	64
PROBAND 7	65	63
PROBAND 8	70	66
PROBAND 9	61	65
PROBAND 10	64	62
PROBAND 11	73	74
PROBAND 12	68	69
PROBAND 13	59	64
PROBAND 14	75	77
PROBAND 15	64	67
PROBAND 16	60	60
PROBAND 17	68	65
PROBAND 18	59	59

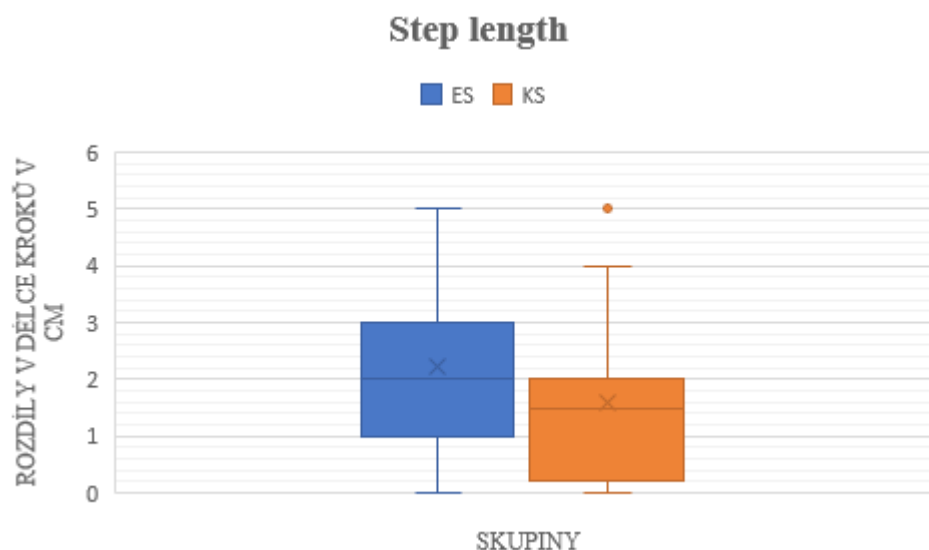
Tabulka 8. Hodnoty délek kroků (cm) pro pravou a levou dolní končetinu v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	LDK	PDK
PROBAND 1	57,0	59,0
PROBAND 2	69,0	68,0
PROBAND 3	67,0	64,0
PROBAND 4	66,0	66,0
PROBAND 5	59,0	58,0
PROBAND 6	62,2	62,1
PROBAND 7	64,0	64,0
PROBAND 8	60,0	60,3
PROBAND 9	63,0	61,0
PROBAND 10	61,1	61,1
PROBAND 11	62,2	62,4
PROBAND 12	60,0	63,0
PROBAND 13	53,0	48,0
PROBAND 14	59,0	61,0
PROBAND 15	61,0	59,0
PROBAND 16	64,0	66,0
PROBAND 17	54,0	58,0
PROBAND 18	58,0	59,0

Tabulka 9. Hodnoty délek kroků (cm) pro pravou a levou dolní končetinu v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	2,0	2,0
PROBAND 2	1,0	1,0
PROBAND 3	3,0	3,0
PROBAND 4	4,0	1,0
PROBAND 5	1,0	0,1
PROBAND 6	2,0	0,3
PROBAND 7	2,0	0,0
PROBAND 8	4,0	2,0
PROBAND 9	4,0	0,0
PROBAND 10	2,0	0,2
PROBAND 11	1,0	3,0
PROBAND 12	1,0	5,0
PROBAND 13	5,0	2,0
PROBAND 14	2,0	2,0
PROBAND 15	3,0	2,0
PROBAND 16	0,0	4,0
PROBAND 17	3,0	1,0
PROBAND 18	0,0	0,0

Tabulka 10. Rozdíly v délce kroků (cm) mezi pravou a levou dolní končetinou
ES = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina



Graf 3. Rozdíly v délce kroků. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

K ověření hypotézy H3 byl využit Mannův – Whitneyův neparametrický test, a to z důvodu nenormálního rozdělení dat. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 11.

Délka kroku								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	2,22	2	2,07	2	0	5	1,44	0,192
KS	1,59	1,5	2,16	1,755	0	5	1,47	

Tabulka 11. Popisná statistika hodnot rozdílů délek kroků pravé a levé dolní končetiny.

ES = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina, *SD* = směrodatná odchylka

Ani zde nelze na základě hodnoty $p = 0,192$ nulovou hypotézu zamítnout. Průměrné hodnoty rozdílů délek kroků jsou v kontrolní skupině nižší než ve skupině experimentální, minimální a maximální hodnoty rozdílů délek kroků jsou v obou skupinách totožné.

4.2.2 Ověření hypotézy H4

Hypotéza H4 se zabývá fází *midstance* krokového cyklu. Nulová hypotéza H_{04} byla stanovena takto: *Rozdíl mezi procentuálně vyjádřeným trváním fáze mezistoje (midstance) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Alternativní hypotéza H_{A4} má znění: *Rozdíl mezi procentuálně vyjádřeným trváním fáze mezistoje (midstance) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Pro ověření hypotézy byl použit parametr *mid stance*, tedy procentuálně vyjádřená doba od odrazu jedné dolní končetiny po přenesení váhy na kontralaterální, nyní stejnou dolní končetinu. Hodnoty těchto parametrů pro pravou a levou dolní končetinu od sebe byly odečteny a jejich rozdíl byl následně porovnáván mezi experimentální a kontrolní skupinou. Hodnoty jednotlivých rozdílů jsou uvedeny v Tabulce 12, 13, 14.

	LDK	PDK
PROBAND 1	38,1	38,3
PROBAND 2	37,4	36,9
PROBAND 3	37,5	36,4
PROBAND 4	38,0	37,2
PROBAND 5	38,8	38,9
PROBAND 6	37,4	38,6
PROBAND 7	37,2	36,8
PROBAND 8	38,9	38,2
PROBAND 9	38,0	36,5
PROBAND 10	37,9	36,6
PROBAND 11	39,0	38,0
PROBAND 12	38,0	39,5
PROBAND 13	36,8	38,7
PROBAND 14	42,2	41,1
PROBAND 15	36,4	37,1
PROBAND 16	37,6	36,8
PROBAND 17	38,2	38,5
PROBAND 18	39,4	37,9

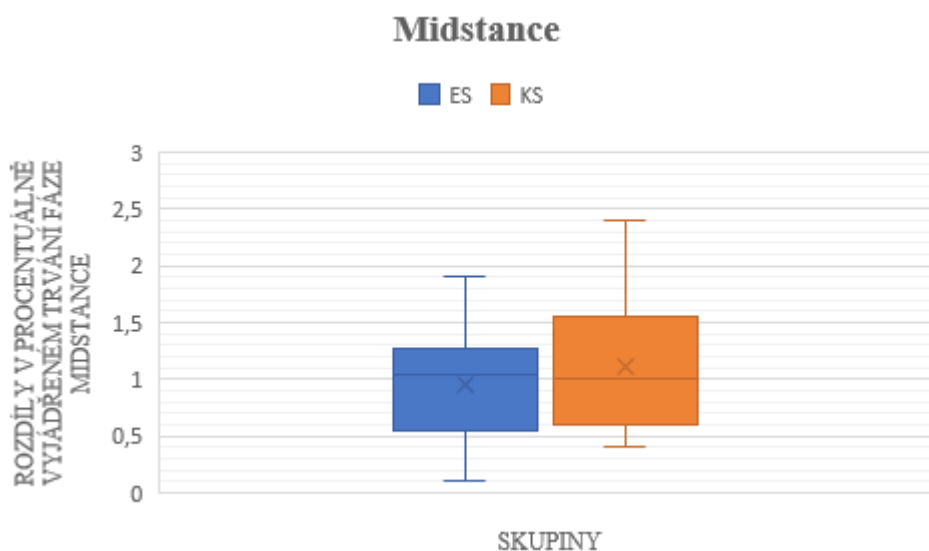
Tabulka 12. Procentuálně vyjádřené hodnoty trvání fáze *midstance* pro pravou a levou dolní končetinu v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	LDK	PDK
PROBAND 1	34,0	36,1
PROBAND 2	37,6	38,0
PROBAND 3	39,0	37,4
PROBAND 4	36,0	37,6
PROBAND 5	37,9	38,4
PROBAND 6	38,5	39,9
PROBAND 7	37,9	36,6
PROBAND 8	37,8	39,8
PROBAND 9	37,6	38,5
PROBAND 10	34,9	36,1
PROBAND 11	38,1	37,3
PROBAND 12	37,1	36,5
PROBAND 13	36,7	36,1
PROBAND 14	38,4	37,3
PROBAND 15	37,3	36,6
PROBAND 16	37,3	36,9
PROBAND 17	35,7	38,1
PROBAND 18	39,7	39,2

Tabulka 13. Procentuálně vyjádřené hodnoty trvání fáze midstance pro pravou a levou dolní končetinu v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	0,2	2,1
PROBAND 2	0,5	0,4
PROBAND 3	1,1	1,6
PROBAND 4	1,2	1,4
PROBAND 5	0,1	1,3
PROBAND 6	1,2	2,0
PROBAND 7	0,4	0,9
PROBAND 8	0,7	1,2
PROBAND 9	1,5	0,8
PROBAND 10	1,3	0,6
PROBAND 11	1,0	0,6
PROBAND 12	1,5	1,1
PROBAND 13	1,9	0,7
PROBAND 14	1,1	0,4
PROBAND 15	0,7	2,4
PROBAND 16	0,9	0,5
PROBAND 17	0,3	1,6
PROBAND 18	1,5	0,5

Tabulka 14. Rozdíly mezi procentuálně vyjádřenými hodnotami trvání fáze midstance pravé a levé dolní končetiny. **ES** = *experimentální skupina*, **KS** = *kontrolní skupina*



Graf 4. Rozdíly v procentuálně vyjádřeném trvání fáze midstance. *ES* = *experimentální skupina*, *KS* = *kontrolní skupina*

Protože se jednalo o nenormálně rozložená data, i zde byl k ověření hypotézy H4 využit neparametrický Mannův – Whitneyův test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 15.

Fáze midstance								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	0,95	1,05	0,26	1,225	0,1	1,9	0,51	0,486
KS	1,12	1	0,39	1,49	0,4	2,4	0,62	

Tabulka 15. Popisná statistika hodnot procentuálních rozdílů mezi trváním fáze midstance pravé a levé dolní končetiny. *ES* = *experimentální skupina*, *KS* = *kontrolní skupina*, *SD* = *směrodatná odchylka*

Pro parametr *midstance* nelze nulovou hypotézu zamítnout. V tomto případě jsou průměrné, minimální i maximální hodnoty experimentální skupiny nižší, než ve skupině kontrolní a hodnota $p = 0,483$ svědčí pro statistickou nevýznamnost tohoto testu.

4.2.3 Ověření hypotézy H5

Hypotéza H5 zkoumá symetrii doby, během které je vykonán jeden krok na pravé a levé dolní končetině. Konkrétně nulová hypotéza H_{05} zní takto: *Rozdíl mezi dobou, během které je vykonán jeden krok (step time) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Alternativní hypotéza H_{A5} zní: *Rozdíl mezi dobou, během které je vykonán jeden krok (step time) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* K ověření hypotézy byl použit parametr *step time* vyjádřen v sekundách. Tyto parametry pro každou dolní končetiny byly od sebe odečteny a jejich rozdíly srovnány mezi oběma skupinami. Přehled jednotlivých rozdílů mezi končetinami jsou uvedeny v Tabulce 16, 17 a 18.

	LDK	PDK
PROBAND 1	0,51	0,50
PROBAND 2	0,58	0,59
PROBAND 3	0,54	0,56
PROBAND 4	0,57	0,57
PROBAND 5	0,59	0,59
PROBAND 6	0,56	0,55
PROBAND 7	0,50	0,49
PROBAND 8	0,60	0,60
PROBAND 9	0,56	0,56
PROBAND 10	0,56	0,57
PROBAND 11	0,55	0,55
PROBAND 12	0,54	0,52
PROBAND 13	0,51	0,49
PROBAND 14	0,47	0,49
PROBAND 15	0,59	0,58
PROBAND 16	0,53	0,54
PROBAND 17	0,60	0,58
PROBAND 18	0,53	0,53

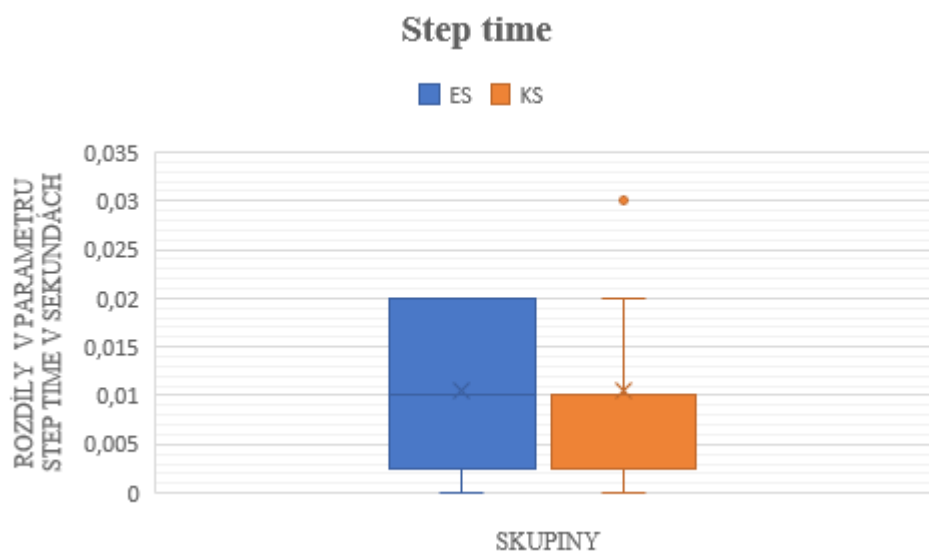
Tabulka 16. Délka trvání jednoho kroku v sekundách na pravé a levé končetině v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	LDK	PDK
PROBAND 1	0,69	0,68
PROBAND 2	0,57	0,58
PROBAND 3	0,57	0,56
PROBAND 4	0,60	0,57
PROBAND 5	0,52	0,52
PROBAND 6	0,55	0,55
PROBAND 7	0,56	0,58
PROBAND 8	0,56	0,53
PROBAND 9	0,55	0,54
PROBAND 10	0,53	0,54
PROBAND 11	0,55	0,56
PROBAND 12	0,55	0,54
PROBAND 13	0,59	0,59
PROBAND 14	0,53	0,54
PROBAND 15	0,53	0,54
PROBAND 16	0,58	0,58
PROBAND 17	0,51	0,49
PROBAND 18	0,52	0,52

Tabulka 17. Délka trvání jednoho kroku v sekundách na pravé a levé končetině v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	0,01	0,01
PROBAND 2	0,01	0,01
PROBAND 3	0,02	0,01
PROBAND 4	0,00	0,03
PROBAND 5	0,00	0,00
PROBAND 6	0,01	0,00
PROBAND 7	0,01	0,02
PROBAND 8	0,00	0,03
PROBAND 9	0,00	0,01
PROBAND 10	0,02	0,01
PROBAND 11	0,02	0,01
PROBAND 12	0,02	0,01
PROBAND 13	0,01	0,00
PROBAND 14	0,01	0,01
PROBAND 15	0,02	0,01
PROBAND 16	0,01	0,00
PROBAND 17	0,02	0,02
PROBAND 18	0,00	0,00

Tabulka 18. Rozdíly v trvání provedení jednoho kroku pravé a levé dolní končetiny v sekundách. **ES** = experimentální skupina, **KS** = kontrolní skupina



Graf 5. Rozdíly v parametru step time. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

K ověření hypotézy H5 byl využit Mannův – Whitneyův neparametrický test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 19.

Step time								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	0,01	0,01	6,43	0,0175	0	0,02	0,001	0,813
KS	0,01	0,01	8,79	0,0075	0	0,03	0,001	

Tabulka 19. Popisná statistika hodnot rozdílů v trvání provedení jednoho kroku pravé a levé dolní končetiny. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina, *SD* = směrodatná odchylka

Z hodnoty $p = 0,813$ vyplývá, že ani pro parametr *step time* nelze nulovou hypotézu zamítnout. Průměrné i minimální hodnoty rozdílů mezi dobou, během které je vykonán jeden krok na pravé a levé dolní končetině, jsou v obou skupinách totožné, maximální hodnoty se liší pouze o jednu setinu.

4.2.4 Ověření hypotézy H6

Hypotéza H6 se zabývá parametrem *single support line* a zkoumá jeho rozdíly mezi dolními končetinami u jednotlivých probandů. Nulová hypotéza **H₀6** byla sestavena takto: *Rozdíl mezi středními délkami linií, které popisují průběh COP na jedné noze během chůze (single support line) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Alternativní hypotéza **H_A6** má toto znění: *Rozdíl mezi středními délkami linií, které popisují průběh COP na jedné noze během chůze (single support line) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Hodnoty parametru *single support line* vyjádřené v milimetrech pro každou dolní končetinu byly mezi sebou odečteny a jejich rozdíl byl poté porovnán mezi oběma skupinami. Přehled jednotlivých hodnot a jejich rozdílů je uveden v Tabulce 20, 21 a 22.

	LDK	PDK
PROBAND 1	76,6	100,2
PROBAND 2	121,9	132,8
PROBAND 3	150,9	132,8
PROBAND 4	132,8	123,4
PROBAND 5	148,4	149,8
PROBAND 6	117,5	128,8
PROBAND 7	110,8	104,9
PROBAND 8	137,8	107,0
PROBAND 9	140,2	126,9
PROBAND 10	136,0	134,8
PROBAND 11	139,7	127,6
PROBAND 12	128,3	125,7
PROBAND 13	134,5	128,5
PROBAND 14	132,6	133,7
PROBAND 15	150,5	146,1
PROBAND 16	83,3	75,2
PROBAND 17	115,9	114,4
PROBAND 18	135,6	133,4

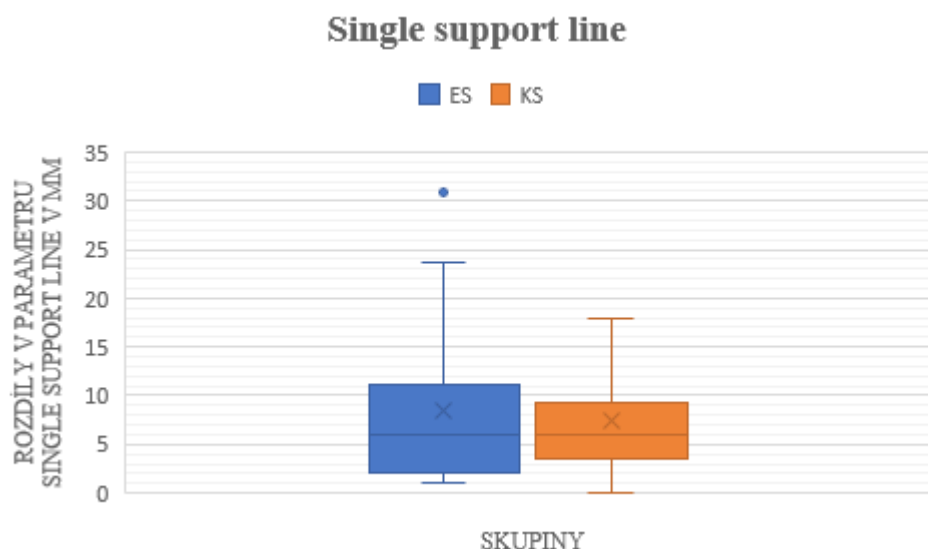
Tabulka 20. Hodnoty délek středních linií popisujících průběh COP během chůze v milimetrech na pravé a levé dolní končetině v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	LDK	PDK
PROBAND 1	131,9	114,8
PROBAND 2	71,7	88,5
PROBAND 3	103,7	97,3
PROBAND 4	134,9	130,3
PROBAND 5	118,6	136,5
PROBAND 6	96,4	105,0
PROBAND 7	106,7	101,8
PROBAND 8	132,7	132,7
PROBAND 9	130,1	139,6
PROBAND 10	117,2	116,5
PROBAND 11	153,5	152,4
PROBAND 12	141,0	145,7
PROBAND 13	113,0	120,7
PROBAND 14	85,7	86,2
PROBAND 15	137,9	120,6
PROBAND 16	119,7	116,6
PROBAND 17	138,8	130,0
PROBAND 18	123,3	117,9

Tabulka 21. Hodnoty délek středních linií popisujících průběh COP během chůze v milimetrech na pravé a levé dolní končetině v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	23,6	17,1
PROBAND 2	10,9	16,8
PROBAND 3	18,1	6,4
PROBAND 4	9,4	4,6
PROBAND 5	1,4	17,9
PROBAND 6	11,3	8,6
PROBAND 7	5,9	4,9
PROBAND 8	30,8	0,0
PROBAND 9	13,3	9,5
PROBAND 10	1,2	0,7
PROBAND 11	2,1	1,1
PROBAND 12	2,6	4,7
PROBAND 13	6,0	7,7
PROBAND 14	1,1	0,5
PROBAND 15	4,4	17,3
PROBAND 16	8,1	3,1
PROBAND 17	1,5	8,8
PROBAND 18	2,1	5,4

Tabulka 22. Rozdíly hodnot délek středních linií popisujících průběh COP během chůze v milimetrech na pravé a levé dolní končetině. **ES** = experimentální skupina, **KS** = kontrolní skupina



Graf 6. Rozdíly v parametru single support line. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

Vzhledem k tomu, že se opět jednalo o nenormální rozložení dat, byl k porovnání procentuálních rozdílů využit neparametrický Mannův – Whitneyův test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 23.

Single support line								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	8,54	5,95	71,12	9,1	1,1	30,8	8,43	0,788
KS	7,5	5,9	37,07	5,85	0	17,9	6,08	

Tabulka 23. Popisná statistika hodnot rozdílů parametru *single support line* pravé a levé dolní končetiny. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina, *SD* = směrodatná odchylka

Průměrné, minimální i maximální hodnoty rozdílů ve střední délce linií popisující průběh COP během chůze jsou sice v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní, z hodnoty $p = 0,788$ však vyplývá, že i zde nelze nulovou hypotézu zamítnout.

4.3 Vědecká otázka č. 3

Existuje statisticky významný rozdíl mezi vybranými silovými parametry krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině u probandů s plastikou LCA ve srovnání s kontrolní skupinou?

4.3.1 Ověření hypotézy H7

Hypotéza H7 hovoří o velikosti prvního maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu. Nulová hypotéza H_07 byla stanovena takto: *Rozdíl mezi velikostí prvního maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (maximum force 1) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Alternativní hypotéza H_A7 zní: *Rozdíl mezi velikostí prvního maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (maximum force 1) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Tato hypotéza využívá parametr *maximum force 1* vyjádřen v newtonech. I v tomto případě byly hodnoty prvního maxima reakční síly stejné fáze pro pravou a levou dolní končetinu od sebe odečteny a jejich rozdíly následně porovnávány mezi oběma skupinami. Jednotlivé rozdíly jsou uvedeny v Tabulce 24, 25, 26..

	LDK	PDK
PROBAND 1	674,5	598,2
PROBAND 2	715,7	707,2
PROBAND 3	783,8	811,0
PROBAND 4	841,6	861,6
PROBAND 5	655,9	666,9
PROBAND 6	498,5	498,3
PROBAND 7	972,8	1002,6
PROBAND 8	821,4	837,6
PROBAND 9	915,9	894,5
PROBAND 10	580,2	574,8
PROBAND 11	922,8	926,8
PROBAND 12	964,9	944,0
PROBAND 13	513,2	502,7
PROBAND 14	555,0	574,8
PROBAND 15	502,0	530,8
PROBAND 16	726,6	729,2
PROBAND 17	554,1	587,1
PROBAND 18	654,2	660,3

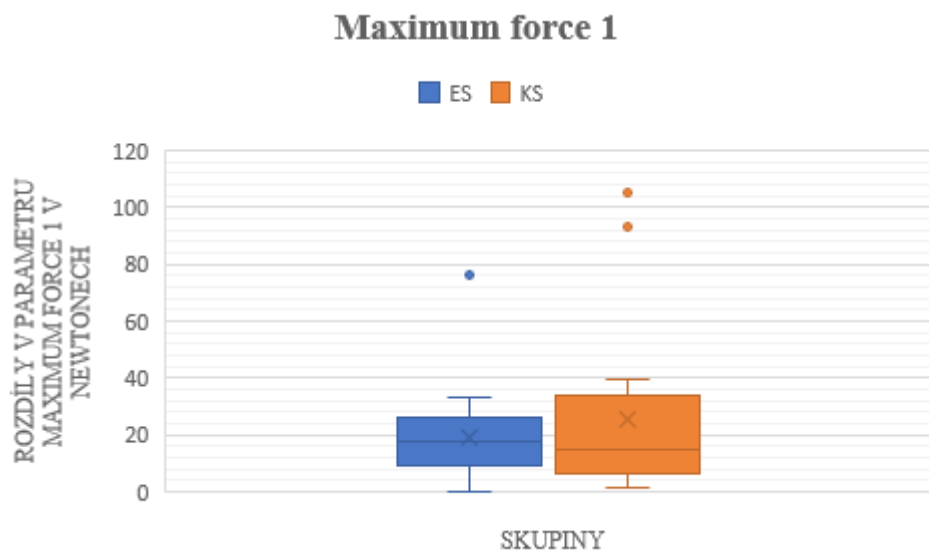
Tabulka 24. Hodnoty velikostí prvního maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	LDK	PDK
PROBAND 1	761,1	776,9
PROBAND 2	851,4	837,0
PROBAND 3	645,0	679,1
PROBAND 4	941,1	947,2
PROBAND 5	608,3	600,2
PROBAND 6	481,1	478,1
PROBAND 7	797,7	832,2
PROBAND 8	743,1	782,9
PROBAND 9	572,6	569,8
PROBAND 10	650,1	682,7
PROBAND 11	698,3	705,2
PROBAND 12	696,6	789,9
PROBAND 13	701,7	807,0
PROBAND 14	705,2	713,6
PROBAND 15	662,1	660,9
PROBAND 16	910,3	911,6
PROBAND 17	697,4	717,7
PROBAND 18	549,1	578,1

Tabulka 25. Hodnoty velikostí prvního maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	76,3	15,8
PROBAND 2	8,5	14,4
PROBAND 3	27,2	34,1
PROBAND 4	20,0	6,1
PROBAND 5	11,0	8,1
PROBAND 6	0,2	3,0
PROBAND 7	28,8	34,5
PROBAND 8	16,2	39,8
PROBAND 9	22,4	2,8
PROBAND 10	15,4	32,6
PROBAND 11	0,4	7,9
PROBAND 12	20,9	93,3
PROBAND 13	10,5	105,3
PROBAND 14	19,8	8,4
PROBAND 15	28,8	1,2
PROBAND 16	2,6	1,3
PROBAND 17	33,0	21,3
PROBAND 18	6,1	29,0

Tabulka 26. Rozdíly ve velikosti prvního maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu pravé a levé dolní končetiny. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina



Graf 7. Rozdíly v parametru maximum force 1. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

K ověření hypotézy H7 byl využit Mannův – Whitneyův neparametrický test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 27.

Maximum force 1								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	19,33	18	303,26	17	0,2	76,3	17,41	0,764
KS	25,5	15,1	888,29	33,175	1,2	105,3	29,8	

Tabulka 27. Popisná statistika hodnot rozdílů velikosti prvního maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu pravé a levé dolní končetiny. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina, *SD* = směrodatná odchylka

Pro parametr *maximum force 1* nelze nulovou hypotézu zamítnout. Hodnota $p = 0,764$ hovoří o statistické nevýznamnosti. Průměrné, minimální i maximální hodnoty rozdílů mezi oběma končetinami u experimentální skupiny jsou v tomto případě dokonce nižší než u skupiny kontrolní, což svědčí o větší symetrii prvního maxima reakční síly při dopadu paty mezi dolními končetinami u probandů s plastikou LCA.

4.3.2 Ověření hypotézy H8

Hypotéza H8 se zabývá velikostí druhého maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu. Nulová hypotéza **H₀₈** zní: *Rozdíl mezi velikostí druhého maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (maximum force 2) pravé a levé dolní končetiny není v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Alternativní hypotéza **H_{A8}** byla sestavena takto: *Rozdíl mezi velikostí druhého maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu (maximum force 2) pravé a levé dolní končetiny je v experimentální skupině vyšší než ve skupině kontrolní.* Pro tuto hypotézu byl použit parametr *maximum force 2* vyjádřen v newtonech. Hodnoty druhého maxima reakční síly stejné fáze pro pravou a levou dolní končetinu byly od sebe odečteny a jejich rozdíly byly porovnány mezi experimentální a kontrolní skupinou. Přehled rozdílů je uveden v Tabulce 28, 29 a 30.

	LDK	PDK
PROBAND 1	635,0	643,6
PROBAND 2	718,9	704,0
PROBAND 3	695,9	716,1
PROBAND 4	750,4	652,9
PROBAND 5	717,6	731,3
PROBAND 6	540,5	565,1
PROBAND 7	1019,3	1041,7
PROBAND 8	787,0	773,0
PROBAND 9	940,0	945,5
PROBAND 10	629,0	615,5
PROBAND 11	951,2	960,5
PROBAND 12	819,4	855,8
PROBAND 13	555,4	556,5
PROBAND 14	577,8	568,4
PROBAND 15	515,6	504,1
PROBAND 16	763,7	776,6
PROBAND 17	635,8	657,0
PROBAND 18	704,8	706,3

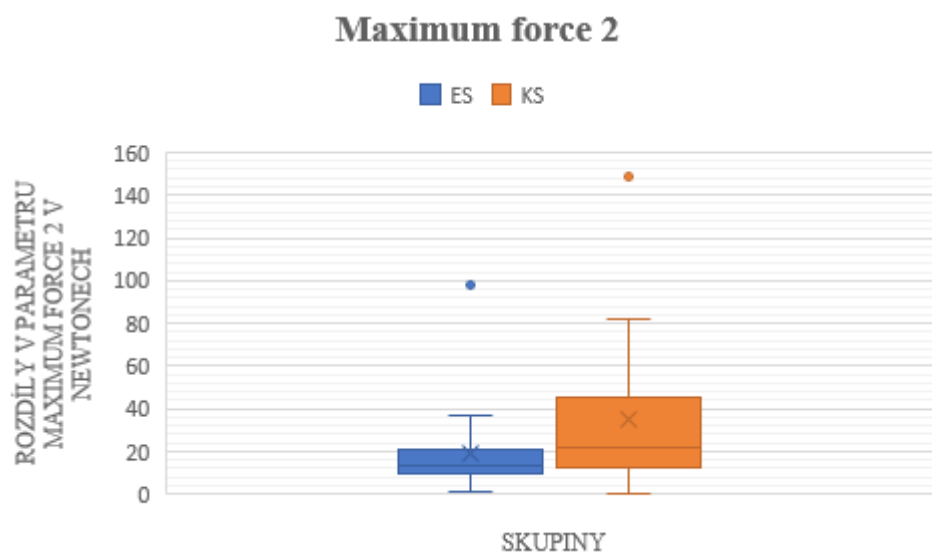
Tabulka 28. Hodnoty velikostí druhého maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině v experimentální skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	LDK	PDK
PROBAND 1	764,2	768,6
PROBAND 2	814,7	833,4
PROBAND 3	677,8	663,8
PROBAND 4	860,0	895,7
PROBAND 5	560,2	628,5
PROBAND 6	537,3	579,3
PROBAND 7	667,1	748,6
PROBAND 8	692,1	705,6
PROBAND 9	579,8	565,1
PROBAND 10	642,3	642,7
PROBAND 11	773,7	735,7
PROBAND 12	720,8	767,8
PROBAND 13	598,3	746,7
PROBAND 14	637,1	629,8
PROBAND 15	692,8	681,4
PROBAND 16	825,1	800,6
PROBAND 17	761,5	715,4
PROBAND 18	596,7	588,4

Tabulka 29. Hodnoty velikostí druhého maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu na pravé a levé dolní končetině v kontrolní skupině. **PDK** = pravá dolní končetina, **LDK** = levá dolní končetina

	ES	KS
PROBAND 1	8,6	4,4
PROBAND 2	14,9	18,7
PROBAND 3	21,2	14,0
PROBAND 4	97,5	35,7
PROBAND 5	13,7	68,3
PROBAND 6	24,6	42,0
PROBAND 7	14,0	81,5
PROBAND 8	5,5	13,5
PROBAND 9	13,5	14,7
PROBAND 10	9,3	0,4
PROBAND 11	36,4	38,0
PROBAND 12	1,1	47,0
PROBAND 13	9,4	10,5
PROBAND 14	11,5	8,7
PROBAND 15	12,9	11,4
PROBAND 16	21,2	24,5
PROBAND 17	22,4	46,1
PROBAND 18	1,5	8,3

Tabulka 30. Rozdíly ve velikosti druhého maxima reakční síly (N) stejné fáze krokového cyklu pravé a levé dolní končetiny. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina



Graf 8. Rozdíly v parametru maximum force 2. *ES* = experimentální skupina, *KS* = kontrolní skupina

I v případě parametru *maximum force 2* se jednalo o nenormální rozdělení dat, tudíž byl k ověření hypotézy H8 byl využit neparametrický Mannův – Whitneyův test. Test byl prováděn na hladině signifikance 0,05. Výsledky včetně jejich popisných charakteristik jsou shrnuty v Tabulce 31.

Maximum force 2								
	Průměr	Medián	Rozptyl	Kvart.rozptyl	Minimum	Maximum	SD	Hodnota p
ES	18,84	13,6	459,65	33,15	1,1	97,5	21,43	0,145
KS	34,75	21,6	1308,33	33,175	0,4	148,4	36,17	

Tabulka 31. Popisná statistika hodnot rozdílů velikosti prvního maxima reakční síly (N) stojné fáze krokového cyklu pravé a levé dolní končetiny. **ES** = experimentální skupina, **KS** = kontrolní skupina, **SD** = směrodatná odchylka

Pro parametr *maximum force 2* nelze na základě hodnoty $p = 0,145$ nulovou hypotézu zamítnout. V tomto případě jsou průměrné a maximální hodnoty v experimentální skupině výrazně nižší, než ve skupině kontrolní.

5 DISKUZE

Ruptura předního zkříženého vazů je jedním z nejčastějších sportovních zranění, přičemž jeho incidence je udávána mezi 60-70 případy na 100 000 obyvatel ročně (Krause et al., 2018). Toto poranění může vést k posttraumatické nestabilitě kolenního kloubu a následně tak k poškození menisků či kloubní chrupavky (Laux et al., 2018). Dle nejnovějších studií může po ruptuře LCA a jeho náhradě docházet ke změně kvality propriocepce a celkově vnímání celého segmentu kolena (Courtney et al., 2019).

Asymetrie v pohybu a funkci dolních končetin může být jednou z příčin opakované ruptury vazů či vývoje posttraumatické osteoartrózy. Nejnovější literatura ukazuje, že jedinci po plastice LCA, u nichž byly zjištěny vícečetné asymetrie v oblasti kyčelních a kolenních kloubů, měli třikrát větší pravděpodobnost opětovného poranění při návratu k pohybové aktivitě ve srovnání s těmi, u nichž nebyla žádná podstatná asymetrie registrována. Dále může mít rozdílné zatěžování dolních končetin negativní vliv na syntézu chondrocytů, což by mohlo později vést ke strukturálním změnám chrupavky a rozvoji osteoartrózy. Jednou z hlavních příčin asymetrie pohybu a funkce dolních končetin je snížení svalové síly m. quadriceps femoris a celková svalová inkoordinace mezi flexory a extensory kolenního kloubu. Mezi další příčiny lze zařadit asymetrii v úhlovém nastavení kolenních kloubů, momentech síly kolemkloubních svalů či síle svalů kyčelního kloubu. Kromě fyzických změn je nutné zmínit i změny psychické, kdy asymetrii může způsobit podvědomá preference neporaněné dolní končetiny při vykonávání různých pohybových aktivit. Literatura udává, že moment síly svalů kolenního kloubu v sagitální rovině je úzce spojen s tloušťkou kloubní chrupavky v mediálním kompartmentu kloubu. Zároveň je snížený moment síly abduktorů kyčelního kloubu ve fázi midstance spojen s rozvojem PTOA během prvních 5 let po rekonstrukci LCA (Shi et al., 2020). Také Ellis et al (2013) uvádějí že asymetrie chůze může zvýšit metabolické a mechanické výdaje organismu. Symetrická chůze má tedy dopad na optimální režim pro zdravé jedince. Dosažení plné symetrie chůze je často důležitým cílem nejen pro fyzioterapii lidí po jakémkoliv zranění, ale i pro pacienty léčícími se s nejrůznějšími onemocněními a funkčními abnormalitami.

Dle Sadeghi et al. (1997) se však asymetrie chůze velice často vyskytuje i u jedinců, kteří neprodělali žádné poranění či zákrok na dolních končetinách. To je dáno především tím, že jedna z dolních končetin bývá více zodpovědná za statickou podporu

a přenos těžiště těla kupředu, zatímco druhá se ve větší míře soustředí na samotný pohyb. Zůstává tak otázkou, zda změny v parametrech chůze mezi pravou a levou DK u pacientů po plastice LCA jsou přímým důsledkem tohoto zákroku, anebo byly přítomny již před samotným zraněním.

Cílem této diplomové práce bylo ověřit, zda se takové asymetrie mezi dolními končetinami vyskytují u pacientů, jež v minulosti podstoupili rekonstrukci předního zkříženého vazy ve srovnání s jedinci, kteří tento zákrok neprodělali.

V prvé řadě bych se ráda vyjádřila k odpovědím z anamnestického dotazníku, jenž byl během výzkumu předkládán probandům z experimentální skupiny. V průměru absolvovali probandi rekonstrukci vazy před 4,6 lety. Pokud pomíneme jednoho z probandů, který operaci podstoupil až 8 let po úrazu z toho důvodu, že byl nejprve indikován ke konzervativní léčbě a až s několikaletým odstupem a stupňujícími se obtížemi bylo rozhodnuto o léčbě chirurgické, byla průměrná doba mezi poraněním a plánovanou rekonstrukční operací 5,7 měsíců. Většina probandů, konkrétně 12, absolvovala pooperační rehabilitační péči, pouze dvěma probandům byla indikována rehabilitace i před samotným zákrokem a dva probandi dokonce neměli rehabilitaci žádnou. V současné době se se subjektivními obtížemi operovaného kolenního kloubu potýká celkem 14 z 18 dotázaných, většinou se jedná o mírnou bolestivost, pocit nestability a ztuhlost v okolí kloubu při větší fyzické aktivitě. Pouze čtyři probandi žádné subjektivní obtíže spojené s kolenním kloubem nepociťují.

Podobný trend, kdy je v operovaném kolenu i několik let po zákroku stále pocíťován jistý diskomfort, bolest, nestabilita či tuhost zejména při zvýšené fyzické zátěži, je popisován i současnými studii. Dle Taylora et al. (2020) to může být dáno tím, že je během rehabilitace po operaci soustředěna pozornost především na koordinační schopnost svalů při pohybu, bohužel je však opomenuta adekvátní zátěž a její postupné navyšování. Pacienti tak většinou během rehabilitačního programu nestihnou dosáhnout stejné zátěže, na jakou jsou zvyklí při vykonávání sportovních aktivit, což následně vede k tomu, že kolenní kloub při fyzicky náročnějším pohybu není připraven na tuto zátěž. To by mohlo být do budoucna zajímavým tématem dalších výzkumů týkajících se této problematiky.

5.1 Diskuze k vědecké otázce č. 1

Vědecká otázka č. 1 se zabývala parametry stoje, konkrétně procentuálním zatížením dolních končetin a velikostí konfidenční elipsy. V prvním ze zmíněných parametrů byl využit rozdíl v zatížení mezi pravou a levou končetinou, který byl následně porovnáván mezi skupinami. Medián, minimální a maximální hodnoty obou skupin byly totožné, pouze průměrná hodnota rozdílů v experimentální skupině byla mírně vyšší oproti skupině kontrolní. Z výsledků lze tedy usuzovat, že se obě skupiny v tomto parametru významně neliší. Velikost konfidenční elipsy vypovídá o stabilitě stoje. V rámci tohoto parametru existují v obou skupinách výrazné interindividuální rozdíly mezi jednotlivými probandy. Ačkoliv minimální i průměrné hodnoty jsou v experimentální skupině nižší než ve skupině kontrolní, maximálními hodnotami experimentální skupina kontrolní skupinou převyšuje.

Dle dostupné evidence je posturální kontrola během bilaterálního postoje bez senzorycké modulace krátce po rekonstrukční operaci snížena, a to na obou dolních končetinách i v případě pouze jednostranné rekonstrukce LCA, nicméně s časem dochází k jejímu postupnému zlepšování. Studie provedené několik let po operaci neukazují žádné deficity v bilaterálním postoji bez senzorycké modulace (Stensdotter, Tengman & Häger, 2016). Bartels et al. ve své studii z roku 2019 zkoumali vliv ruptury LCA a následné rekonstrukce vazů na posturální stabilitu a rozložení zatížení dolních končetin během dvou let po operaci, výstupní hodnoty poté srovnávali s kontrolní skupinou. Výsledky tohoto výzkumu ukazují, že rekonstrukce LCA vede k masivnímu odlehčování operované dolní končetiny a normalizace tohoto rozložení zatížení vyžaduje zhruba jeden rok po zákroku. Dle těchto autorů dochází ke zkvalitnění posturální stability rovněž zhruba rok po operaci. Tito autoři navíc během výzkumu došli k závěru, že ve srovnání s kontrolní skupinou vede rekonstrukce LCA k potlačení somatosenzoryckého a cerebellárního systému, což bylo následně kompenzováno vyšší aktivitou vizuálního a nigrostriatálního systému. Také Mohammadi et al. (2012) potvrzují po 8 měsících od operace celkové zhoršení posturální stability a přenos váhy těla na neoperovanou dolní končetinu po rekonstrukci LCA, nicméně dodávají, že existují i studie, které žádné signifikantní rozdíly mezi kvalitou posturální stability v experimentální a kontrolní skupině nenašly, a to pravděpodobně z toho důvodu, že tyto výzkumy byly provedeny delší dobu po samotné operaci. Během této doby dochází

dle autorů k reinervaci štěpu, čímž se následně zlepší i stabilita vlivem zkvalitnění aference z oblasti kolenního kloubu. Shimokochi et al. (2013) navíc dodávají, že v rámci distribuce zatížení chodidel po rekonstrukci LCA je daleko dříve vyrovnána asymetrie v mediolaterálním směru než ve směru anteroposteriorním. To by mohlo, vzhledem k nejčastějším mechanismům poranění LCA, následně vést k vyššímu riziku reruptury rekonstruovaného vazů, jakožto jedné z pooperačních komplikací. Během výzkumu Wein et al. (2021) byly počítány dva koeficienty určující poměr využití somatosenzorických a vizuálních podnětů pro posturální kontrolu. Výsledkem studie bylo zjištění, že zatímco poměr využití vizuálních podnětů se po rekonstrukci vazů zvýšil, poměr podnětů somatosenzorických se prakticky nezměnil, což by mohlo naznačovat, že v rámci neuromuskulární kontroly dochází jen k malému nebo žádnému zlepšení a proto se jedinec po plastice LCA při udržování rovnováhy více spoléhá na podněty vizuální. Ve stejném výzkumu byli navíc porovnáváni pacienti, kteří po operaci absolvovali klasickou rehabilitaci, s pacienty, jejichž rehabilitační cvičení bylo doplněno o terapii v bazénu. Druhá ze zmíněných skupin na konci studie vykazovala vyšší podíl využití somatosenzorických vstupů, a to pravděpodobně z důvodu snížení zrakové posturální korekce při pohybu ve vodě.

Ze současných zahraničních studií tedy vyplývá, že existují určité rozdíly mezi pacienty po plastice LCA a zdravými jedinci v parametrech týkajících se posturální stability a zatížení končetin ve stoji, nicméně tyto výsledky jsou ve velké míře ovlivněny dobou, která od zákroku uběhla. Vzhledem k tomu, že výzkum k této diplomové práci zahrnoval jen malý vzorek probandů a uplynulá doba po operaci se u každého jedince lišila, nepotvrdily se žádné výrazné rozdíly ve zkoumaných parametrech ve srovnání s kontrolní skupinou.

5.2 Diskuze k vědecké otázce č. 2

Vědecká otázka č. 2 zkoumala časoprostorové parametry krokového cyklu, konkrétně se jednalo o parametry *step length*, *mid stance*, *step time* a *single support line*. V prvním z výše zmíněných parametrů byly hodnoceny rozdíly v délce kroků na pravé a levé dolní končetině. V tomto případě byly zjištěny mírně vyšší průměrné hodnoty rozdílů v experimentální skupině než ve skupině kontrolní, nicméně pravděpodobně z důvodu nízkého počtu probandů zde nebyla registrována dostatečná statistická významnost. V

parametru *mid stance* byly průměrné, minimální i maximální hodnoty rozdílů mezi dolními končetinami v experimentální skupině dokonce mírně nižší, než ve skupině kontrolní, což svědčí pro větší symetrii mezi dolními končetinami v experimentální skupině v rámci tohoto parametru. Parametr *step time* se zabýval dobou, během které byl vykonán jeden krok. Hodnoty pro pravou a levou dolní končetinu byly od sebe odečteny a vzniklý rozdíl byl následně porovnáván mezi oběma skupinami. V případě tohoto parametru byly průměrné, minimální i maximální hodnoty v obou skupinách téměř totožné, lze tedy říci, že experimentální a kontrolní skupina se v rámci *step time* prakticky nelišily. Posledním ze zkoumaných časoprostorových parametrů krokového cyklu byl *single support line*, tedy střední délka linií popisujících průběh COP během chůze. Vzhledem k tomu, že parametr zkoumá COP, je primárně řazen mezi parametry silové, ale v této práci jsem se jej rozhodla zařadit do této skupiny z toho důvodu, že nás zajímá především přenos COP z hlediska délky jeho trajektorie při chůzi. Také zde byly hodnoty pro pravou a levou končetinu od sebe odečteny a jejich rozdíl dále srovnán mezi oběma skupinami. Průměrné, minimální i maximální hodnoty byly v experimentální skupině mírně vyšší než ve skupině kontrolní, což vypovídá o větší asymetrii trajektorie COP mezi končetinami v této skupině, ale ani zde nenabyl test dostatečné statistické významnosti.

Dle Leporace at al. (2016) mohou změny v časoprostorových parametrech vést ke zvýšené mechanické práci a v důsledku toho k vyšším výdejům energie při chůzi. Například zkrácení *single support* fáze, kdy je v kontaktu s podložkou pouze jedna dolní končetina, může vést ke zvýšené rychlosti švihu na kontralaterální dolní končetině, což sníží sílu generovanou při počátečním kontaktu. Tato strategie však zvyšuje energetický výdej. Studie zabývající se analýzou krokového cyklu ukázaly, že do šesti měsíců po rekonstrukci LCA se kinematika v sagitální rovině rekonstruované končetiny vrací na úroveň zdravých jedinců. Zdá se však, že změny ve frontální a transversální rovině přetrvávají i po dosažení výše zmíněné doby. Tyto změny mohou souviset se zvýšeným rizikem předčasné degenerace chrupavky kolene a s časnými příznaky osteoartrózy.

Winiarski & Czamara (2012) zkoumali vybrané časoprostorové parametry chůze u pacientů s plastikou LCA. V tomto výzkumu proběhla celkem dvě měření; první z nich mezi druhým a třetím týdnem po zákroku, druhé měření bylo provedeno mezi desátým a dvanáctým týdnem po operaci. V prvním měření bylo patrné výrazné zkrácení délky kroku na operované dolní končetině, ve druhé fázi došlo k zlepšení a hodnoty délek kroků pro obě končetiny se srovnaly. Zároveň byly tyto hodnoty po 12 týdnech od operace prakticky

totožné se zdravými jedinci v kontrolní skupině. Také Minning et al. (2009) udávají, že symetrie délek kroků nastává zhruba od 6.-8. týdne po samotné rekonstrukci a po 3 měsících zde již ve srovnání se zdravou populací nejsou žádné výrazné změny. Rovněž trvání fáze midstance krokového cyklu na levé a pravé dolní končetině se dle těchto autorů vyrovnává zhruba 12 týdnů po zákroku. Dle Knoll, Kiss & Kocsis (2004) mohou pacienti s rekonstruovaným předním zkříženým vazem dosáhnout normálních časoprostorových parametrů chůze zhruba 4 měsíce po operaci. Tito autoři dále tvrdí, že určité změny v krokovém cyklu v delším měřítku po samotné rekonstrukci LCA nejsou přímým důsledkem tohoto zákroku, ale byly v chůzovém stereotypu daného jedince přítomny již před rupturou vazů. Dle Demira et al. (2018) v dlouhodobém měřítku po operaci nedochází k žádné výrazné asymetrii v trvání provedení jednoho kroku mezi dolními končetinami. Pokud však dochází k výraznému zkrácení fáze mezistojce u pacientů po plastice LCA, mohlo by se tak dít z toho důvodu, že se daný jedinec snaží rychlejší chůzí ochránit kloubní struktury před přílišným zatížením, jelikož během rychlejší chůze nedochází k takové kompresi viskoelastických struktur kolenního kloubu, jako by to mu bylo u chůze pomalejší (Pietrosimone et al., 2019).

Dále se studie týkající se krokového cyklu po rekonstrukci LCA věnují spíše kinematické analýze a zkoumají úhlové nastavení kloubů dolní končetiny při chůzi. Ve srovnání ze zdravými jedinci lze u pacientů, jež prodělali plastiku předního zkříženého vazů, pozorovat větší extenční moment v kyčelním a menší flekční moment v kolenním kloubu během chůze (Butler et al., 2009). Kromě toho tito autoři uvádějí zvýšení abdukčního momentu kolenního kloubu, které by potenciálně mohlo vést k abnormálnímu zatěžování kloubu a tím k poškozování kloubní chrupavky. Nelze opomenout ani výzkumy zabývající se svalovou aktivitou při chůzi u jedinců, jež rekonstrukci vazů podstoupili. Dle Konishi et al (2007) je objem kolemkloubních svalů kolene výrazně snížen oproti neoperované dolní končetině. Z toho vyplývá, že tyto svaly budou pravděpodobně slabší, než svaly na kontralaterální dolní končetině a zároveň budou muset být daleko více aktivní, aby dosáhly potřebné submaximální síly. Dle Ferber et al. (2002) bývá u pacientů s plastikou LCA výrazná asymetrie mezi oběma dolními končetinami především u m. rectus femoris. Např. v *preswing* fázi, tedy těsně před odrazem, pracuje m. rectus femoris na stojné dolní končetině excentricky a nese váhu těla. Jelikož jsou svaly na operované dolní končetině přirozeně oslabeny, musí zde být m. rectus femoris daleko více aktivní, aby váhu těla unesl, což vede k jisté asymetrii mezi končetinami. Snížení svalového objemu a také

nedostatečný rozsah pohybu v kolenním kloubu často vede k přenesení zátěže na kloub kyčelní. Je to jakýsi kompenzační mechanismus, kdy se zvyšuje kyčelní extenční moment na úkor kolenního extenčního momentu (Paterno et al., 2017). Také flexorový aparát kolenního kloubu, tedy hamstringy, bývají oslabeny a tím pádem se během chůze vyznačují vyšší aktivitou, než by tomu bylo na neoperované dolní končetině (Lin & Sigward, 2019). Dle těchto autorů je rovněž stěžejní, aby se rehabilitace po rekonstrukci LCA zaměřila zejména na zlepšení zatížení kolenního kloubu v sagitální rovině, protože právě zde dochází k omezení extenčních momentů a tím i ke snížení vertikální reakční síly (více v diskuzi k vědecké otázce č. 3)

Současné studie se bohužel příliš nevěnují časoprostorovým parametrům krokového cyklu u pacientů s plastikou LCA v delším časovém měřítku po operaci. Ve výzkumu k této diplomové práci nedošlo k objevení žádných zásadních rozdílů mezi časoprostorovými parametry experimentální a kontrolní skupiny, nicméně i zde je výzkum limitován nízkým počtem účastníků a také rozdílnou dobou, která od zákroku uběhla. Výsledky, byť nenabýly dostatečné statistické významnosti, korespondují s trendem, který je popsán ve výše zmíněných studiích, tj. že se vybrané časoprostorové parametry krokového cyklu po několika měsících od rekonstrukce vazů upravují a tedy se zde nenachází žádné významné odlišnosti od zdravých jedinců.

5.3 Diskuze k vědecké otázce č. 3

Vědecká otázka č. 3 se zabývala silovými parametry krokového cyklu. Prvním z nich byl *maximum force 1*, čili velikost prvního maxima reakční síly stejné fáze. Hodnoty pro pravou a levou končetinu byly od sebe odečteny a jejich rozdíl následně porovnán mezi oběma skupinami. Průměrné, minimální i maximální hodnoty rozdílů byly v experimentální skupině nižší, než ve skupině kontrolní, což svědčí o větší silové symetrii dopadu paty v iniciální fázi kroku. Druhým parametrem byl *maximum force 2*, tedy velikost druhého maxima reakční síly stejné fáze krokového cyklu. I zde byly porovnávány rozdíly mezi oběma dolními končetinami v rámci experimentální a kontrolní skupiny. Průměrné a maximální hodnoty rozdílů byly opět v experimentální skupině výrazně nižší, než ve skupině kontrolní, nicméně jsou zde patrné značné interindividuální rozdíly napříč probandy v rámci jedné skupiny.

Vertikální reakční síla (anglicky ground reaction force, zkratka GRF) krokového cyklu může být velice důležitým ukazatelem případné patologie chůze (Winiarski & Kucharska, 2009). Dle Mantashloo, Letafatkar & Moradi (2020) používají pacienti s rekonstrukcí LCA kompenzační strategie během pohybů dolních končetin ke snížení excentrického zatížení a tím i GRF, což může být v důsledku spojeno se změnami sil, svalového točivého momentu a svalové aktivity v sagitální rovině. Tyto strategie mohou zahrnovat např. snahu o odstranění tlaku ze svalů (např. čtyřhlavého svalu stehenního) a jeho přenesení na jiné svaly (např. hamstringy). Autoři této studie srovnávali probandy s jednostrannou plastikou LCA a probandy z kontrolní skupiny v silových parametrech krokového cyklu. Zatímco parametr *maximum force 1* nevykazoval v tomto případě žádné výrazné odlišnosti mezi jednotlivými skupinami, u parametru *maximum force 2* se již určité rozdíly vyskytly a byla zde registrována větší asymetrie mezi dolními končetinami experimentální skupiny. To je v mírném rozporu s výsledky výzkumu k této diplomové práci.

Vertikální reakční síla během provedení jednoho kroku kolísá. Při dopadu paty ve fázi iniciálního kontaktu je síla na svém prvním vrcholu, při přechodu do fáze *midstance* velikost síly klesá a znovu narůstá do svého druhého maxima při odrazu. Vzrůstání síly během odrazu je způsobeno tlačáním chodidla v opačném směru od země, čímž se zvyšuje aktivita plantárních flexorů a zvyšuje se zrychlení těžiště těla, kdy se tělesná hmotnost přenáší dopředu. Proto je efektivní svalová funkce přímo spojena s druhým vrcholem vertikální reakční síly. U lidí s jednostrannou rekonstrukcí LCA jsou svaly slabší a atrofické v poraněné končetině. Lze tedy dojít k závěru, že svalová slabost v poraněné končetině snižuje zrychlení těžiště těla během druhého maxima GRF a tím se i zvyšuje asymetrie mezi oběma dolními končetinami v tomto parametru (Mantashloo, Letafatkar & Moradi, 2020). Pietrosime et al. (2019) zkoumali rozdíly v GRF během chůze mezi symptomatickými a asymptomatickými pacienty, jež prodělali rekonstrukci LCA. Tito autoři došli k závěru, že symptomatictí probandi (tedy ti, kteří stále pociťovali různý stupeň diskomfortu v kolenním kloubu), jež prodělali zákrok v posledních 12 měsících, během fáze *initial contact*, *loading response* a *terminal stance* výrazně odlehčovali operovanou dolní končetinu. Oproti tomu, pokud od operace uběhlo více jak dva roky, docházelo naopak k přetěžování operované dolní končetiny oproti neoperované. Z těchto výsledků je tedy patrné, že jedinci s plastikou LCA zatěžují operovanou dolní končetinu v různých fázích po operaci různě velkou silou, a nápadné přetěžování operované DK v pozdějších stádiích by teoreticky mohlo vést k rychlejšímu opotřebení kloubu. Dalším

zjištěním tohoto výzkumu byl fakt, že symptomatictí jedinci do jednoho roku od operace vykazovali vyšší hodnoty GRF ve fázi *midstance* ve srovnání s těmi, u kterých uběhly 2 roky od zákroku. Zatížení dolních končetiny ve fázi *midstance* může být rozhodující pro optimalizaci mechaniky kloubu a udržování celkového zdraví chrupavky, je však zapotřebí dalšího výzkumu, aby bylo možné určit, jak změny v zatížení v této fázi ovlivňují zdraví kolen. Dále tito autoři dodávají, že během studie nebyli schopni prokázat kauzalitu mezi změnami velikostí GRF a příslušnými bolestivými symptomy kolenního kloubu. Přetěžování operované DK více jak 2 roky po zákroku se dle autorů může dít z důvodu nedostatečné propriocepce a neuromuskulární kontroly v oblasti kolene.

Také Erhart-Hledik et al. (2021) potvrzují vyšší hodnoty GRF operované dolní končetiny oproti neoperované v měřítku 10 let po zákroku. Tito autoři navíc zjistili, že vysoké hodnoty GRF byly spojeny se subjektivními obtížemi kolenního kloubu, nejčastěji zátěžovou bolestivostí a pocitem ztuhlosti.

V rámci výzkumu k této diplomové práci nebyly zjištěny žádné signifikantní rozdíly v parametru *maximum force 1* a *maximum force 2* mezi pravou a levou dolní končetinou u jedinců po rekonstrukci LCA. Tito probandi měli navíc v obou případech výrazně nižší hodnoty asymetrie mezi končetinami ve srovnání s kontrolní skupinou. Tento nálezněkoresponduje s výsledky současných studií zabývajících se těmito parametry, nicméně i zde je náš výzkum limitován nízkým počtem účastníků a různě dlouhou dobou, která uběhla od samotné operace.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce s názvem „Změny parametrů stoje a chůze u pacientů po plastice předního zkříženého vazů“ se zabývala analýzou rozdílů mezi dolními končetinami ve vybraných parametrech stoje a krokového cyklu. Tyto rozdíly byly následně srovnány s rozdíly naměřenými v kontrolní skupině. Cílem teoretické části práce bylo shrnout současné poznatky o anatomii a biomechanice kolenního kloubu, poranění vazů, konkrétně předního zkříženého vazů, a jeho léčby. Dále se teoretická část zabývala možnými riziky, která vznikají po rekonstrukční operaci a také úvahou, jakou roli může v asymetrii některých parametrů stoje a chůze hrát propriocepce či neuromuskulární kontrola. Cílem výzkumné části práce bylo vyšetřit jednotlivé probandy z experimentální a kontrolní skupiny a výsledné hodnoty mezi oběma skupinami porovnat. Měření se zúčastnilo celkem 36 probandů, tedy 18 ve skupině experimentální a 18 ve skupině kontrolní. Měření bylo realizováno na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství ve FN Motol pomocí přístroje Zebris FDM-T System.

Výsledky neprokázaly žádný statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami, tudíž žádná z nulových hypotéz nebyla zamítnuta, ačkoliv určité rozdíly napříč skupinami se v některých parametrech vyskytly. Např. v parametru *single support line* vykazovala experimentální skupina mírně vyšší asymetrii mezi dolními končetinami ve srovnání se skupinou kontrolní, oproti tomu však v parametru *midstance*, *maximum force 1* a *maximum force 2* byly rozdíly mezi dolními končetinami u experimentální skupiny výrazně nižší, což svědčí pro větší symetrii této skupiny ve zmíněných parametrech. V ostatních parametrech si byly obě skupiny velmi podobné. Tento trend byl popsán i ve výše citovaných studiích, kdy se asymetrie v parametrech stoje a chůze u pacientů s rekonstrukcí vazů upravily zhruba do jednoho roku po operaci.

Otázkou tedy zůstává, co způsobuje pocit diskomfortu v oblasti kolenního kloubu i v měřítku několika let po zákroku, pokud stoj a chůze vykazují vcelku symetrické hodnoty pro obě dolní končetiny. Jak již bylo řečeno v diskuzi, rozdíly se nemusí týkat pouze časoprostorových a silových parametrů krokového cyklu, ale také momentů sil jednotlivých svalů, úhlového nastavení kloubů dolních končetin apod. Jednou z možných odpovědí by mohl být fakt, že v důsledku nedostatečné propriocepce a neuromuskulární kontroly dochází delší dobu po operaci k přetěžování operované dolní končetiny, což by

posléze mohlo vést k degenerativním změnám způsobujícím bolest. Nelze také opomenout, že bolestivé pocity či pocity nestability se u zkoumaných probandů vyskytují především během fyzicky náročnějších aktivit, což by mohlo být způsobeno nedostatečným zatížením či přípravou na zátěž během pooperační rehabilitace. Nejspíš také z toho důvodu během tohoto výzkumu nebyly objeveny žádné signifikantní asymetrie mezi dolními končetinami u jedinců po plastice LCA, jelikož stoj a chůze nebyly pro tyto probandy dostatečnou zátěží, při které by pociťovali subjektivní obtíže.

Závěrem je nutné říci, že je potřeba dalších studií týkajících se této problematiky k objasnění vzniku bolestivých a omezujících stavů v delším měřítku po rekonstrukci předního zkříženého vazů.

REFERENČNÍ SEZNAM

AICALE, R., F. OLIVA, N. MAFFULLI a n. MAFFULLI. Defensive Antibacterial Coating (DAC®) for prevention of infection in ACL reconstruction: a feasibility study. *Muscle Ligaments and Tendons Journal* [online]. 2019, 10(01) [cit. 2021-03-31]. ISSN 22404554. Dostupné z: doi:10.32098/mltj.01.2020.22

APKARIAN, A. Vania, Richard A. STEA a Stanley J. BOLANOWSKI. Heat-Induced Pain Diminishes Vibrotactile Perception: A Touch Gate. *Somatosensory & Motor Research* [online]. 2009, 11(3), 259-267 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0899-0220. Dostupné z: doi:10.3109/08990229409051393

BALI, Kamal, Sharad PRABHAKAR a MandeepS DHILLON. Proprioception in anterior cruciate ligament deficient knees and its relevance in anterior cruciate ligament reconstruction. *Indian Journal of Orthopaedics* [online]. 2011, 45(4) [cit. 2021-04-02]. ISSN 0019-5413. Dostupné z: doi:10.4103/0019-5413.80320

BAROŠOVÁ , Monika & PROMNÁ, Jana. *Analýza krokového cyklu u podkolenní ortézy pomocí SEMG*. Olomouc, 2005. Seminární práce. Univerzita Palackého, Lékařská fakulta, Ústav fyzioterapie.

BARTELS, Thomas, Kay BREHME, Martin PYSCHIK, et al. Postural stability and regulation before and after anterior cruciate ligament reconstruction – A two years longitudinal study. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2019, 38, 49-58 [cit. 2021-4-28]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2019.04.009

BODKIN, Stephan G., Brian C. WERNER, Lindsay V. SLATER a Joseph M. HART. Post-traumatic osteoarthritis diagnosed within 5 years following ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2020, 28(3), 790-796 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-019-05461-y

BOHU, Yoann, Shahnaz KLOUCHE, Hasan Basri SEZER, Serge HERMAN, Olivier GRIMAUD, Antoine GEROMETTA, Alain MEYER a Nicolas LEFEVRE. Vancomycin-soaked autografts during ACL reconstruction reduce the risk of post-operative infection without affecting return to sport or knee function. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2020, 28(8), 2578-2585 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-020-05879-9

BUTLER, R J, K I MINICK, R FERBER a F UNDERWOOD. Gait mechanics after ACL reconstruction: implications for the early onset of knee osteoarthritis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2009, 43(5), 366-370 [cit. 2021-5-2]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2008.052522

CARULLI, Christian, Matteo INNOCENTI, Giuliana ROSELLI, Luigi SIRLEO, Fabrizio MATASSI a Massimo INNOCENTI. Partial rupture of anterior cruciate ligament: preliminary experience of selective reconstruction. *Journal of Orthopaedics and Traumatology* [online]. 2020, 21(1) [cit. 2021-03-31]. ISSN 1590-9921. Dostupné z: doi:10.1186/s10195-020-0544-0

COURTNEY, Carol A., Pranoti ATRE, Kharma C. FOUCHER a Ali M. ALSOUHIBANI. Hypoesthesia after anterior cruciate ligament reconstruction: The relationship between proprioception and vibration perception deficits in individuals greater than one year post-surgery. *The Knee* [online]. 2019, 26(1), 194-200 [cit. 2021-03-31]. ISSN 09680160. Dostupné z: doi:10.1016/j.knee.2018.10.014

CRAIN, Evan H., Donald C. FITHIAN, Elizabeth W. PAXTON a William F. LUETZOW. Variation in anterior cruciate ligament scar pattern: Does the scar pattern affect anterior laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* [online]. 2005, 21(1), 19-24 [cit. 2021-04-02]. ISSN 07498063. Dostupné z: doi:10.1016/j.arthro.2004.09.015

CRISS, Cody R., James A. ONATE a Dustin R. GROOMS. Neural activity for hip-knee control in those with anterior cruciate ligament reconstruction: A task-based functional connectivity analysis. *Neuroscience Letters* [online]. 2020, 730 [cit. 2021-03-31]. ISSN 03043940. Dostupné z: doi:10.1016/j.neulet.2020.134985

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-3817-8

ČÍŽKOVÁ, Karolína. Fyzioterapie u pacientů s rupturou LCA. *Fyzioterapie u pacientů s rupturou LCA / Karolína Čížková ; vedoucí práce Zuzana Hamarová ; oponent práce Bohumila Horká* [online]. 2012 [cit. 2021-04-02].

DEMIR, Erdem, NEVIN ATALAY GÜZEL, Gamze ÇOBANOĞLU, Sinem KEKLIK, Nihan KAFA a MUHAMMED BAYBARS ATAÖĞLU. THE LONG-TERM RESULTS OF THE LOWER EXTREMITY STRENGTHS AND SPATIO-TEMPORAL PARAMETERS OF GAIT IN SUBJECTS WITH ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION. *Journal of Exercise Therapy* [online]. 2018, 5, S43 [cit. 2021-5-2]. ISSN 21488819.

DUNGL, Pavel. *Ortopedie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8

ELLERA GOMES, João L., Humberto M. PALMA a Roberto RUTHNER. Influence of hip restriction on noncontact ACL rerupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2014, 22(1), 188-191 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-012-2348-0

ELLIS, Richard G., Kevin C. HOWARD a Rodger KRAM. The metabolic and mechanical costs of step time asymmetry in walking. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2013, 280(1756) [cit. 2021-5-6]. ISSN 0962-8452. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2012.2784

ERHART-HLEDIK, Jennifer C., Constance R. CHU, Jessica L. ASAY, Gordhan B. MAHTANI a Thomas P. ANDRIACCHI. Vertical ground reaction force 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction predicts 10-year patient-reported outcomes. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. [cit. 2021-5-6]. ISSN 0736-0266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.25025

FERBER, Reed, Louis R. OSTERNIG, Marjorie H. WOOLLACOTT, Noah J. WASIELEWSKI a Ji-Hang LEE. Gait mechanics in chronic ACL deficiency and subsequent repair. *Clinical Biomechanics* [online]. 2002, 17(4), 274-285 [cit. 2021-5-6]. ISSN 02680033. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-0033(02)00016-5

FITHIAN, Donald C. To Operate or Not to Operate? That Is (Still) the Question: Commentary on an article by Hege Grindem, PT, PhD, et al. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume* [online]. 2014, 96(15), e133 [cit. 2021-04-02]. ISSN 00219355. Dostupné z: doi:10.2106/JBJS.N.00340

FRIDÉN, T., D. ROBERTS, E. AGEBERG, M. WALDÉN a R. ZÄTTERSTRÖM. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* [online]. 2001, 31(10), 567-76 [cit. 2021-04-02]. ISSN 01906011. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.2001.31.10.567

FURLANETTO, Tássia Silveira, Leonardo Alexandre PEYRÉ-TARTARUGA, Alexandre Severo do PINHO, Emanuele da Silva BERNARDES a Milton Antonio ZARO. PROPRIOCEPTION, BODY BALANCE AND FUNCTIONALITY IN INDIVIDUALS WITH ACL RECONSTRUCTION. *Acta Ortopédica Brasileira* [online]. 2016, 24(2), 67-72 [cit. 2021-03-31]. ISSN 1413-7852. Dostupné z: doi:10.1590/1413-785220162402108949

GALLO, Jiří. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 9788024424866

GFÖLLER, Peter, Elisabeth ABERMANN, Armin RUNER, Christian HOSER, Mario PFLÜGLMAYER, Guido WIERER a Christian FINK. Non-operative treatment of ACL injury is associated with opposing subjective and objective outcomes over 20 years of follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2019, 27(8), 2665-2671 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-018-5296-5

GLADIŠ, Tomáš. *Hodnocení posturální stability ve stoji u zdravých mladých osob*. Olomouc, 2012. Diplomová práce. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, katedra fyzioterapie. Vedoucí práce: Mgr. Jitka Klugarová, Ph.D.

GROSS, Jeffrey M., Joseph FETTO a Elaine Rosen SUPNICK. *Vyšetření pohybového aparátu: překlad druhého anglického vydání*. Praha: Triton, 2005. ISBN 80-7254-720-8

GUPTA, R., A. MALHOTRA, P. KUMAR a G. D. MASIH. Correlation of femoral tunnel

GUPTA, Ravi, Anubhav MALHOTRA, Munish SOOD a Gladson David MASIH. Is anterior cruciate ligament graft rupture (after successful anterior cruciate ligament reconstruction and return to sports) actually a graft failure or a re-injury? *Journal of Orthopaedic Surgery* [online]. 2019, 27(1) [cit. 2021-03-31]. ISSN 2309-4990. Dostupné z: doi:10.1177/2309499019829625

GUPTA, Ravi, Anil KAPOOR, Ashwani SONI, Sourabh KHATRI a Gladson David MASIH. Anterior cruciate ligament reconstruction with bone–patellar tendon–bone graft is associated with higher and earlier return to sports as compared to hamstring tendon graft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2020, 28(11), 3659-3665 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-020-06074-6

HUSSEIN, Mohsen, Carola F. VAN ECK, Andrej CRETNIK, Dejan DINEVSKI a Freddie H. FU. Prospective Randomized Clinical Evaluation of Conventional Single-Bundle, Anatomic Single-Bundle, and Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2012, 40(3), 512-520 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546511426416

CHEUNG, Edward C., Marcus DILALLO, Brian T. FEELEY a Drew A. LANSDOWN. Osteoarthritis and ACL Reconstruction—Myths and Risks. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* [online]. 2020, 13(1), 115-122 [cit. 2021-03-31]. ISSN 1935-9748. Dostupné z: doi:10.1007/s12178-019-09596-w

KAPANDJI, I. A.: *The physiology of the joints – Volume two – Lower limb*. 5. vyd. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987. 242s. ISBN 0-443-03618-7.

KAPRELI, Eleni, Spyros ATHANASOPOULOS, John GLIATIS, et al. Anterior Cruciate Ligament Deficiency Causes Brain Plasticity. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2009, 37(12), 2419-2426 [cit. 2021-04-10]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546509343201

KHALIL, Lafi S., Robert N. MATAR, Tahsin RAHMAN, Sreten FRANOVIC, Muhammad J. ABBAS, Luke HESSBURG, Nima MEHRAN a Kelechi R. OKOROHA. Effect of Workload After ACL Reconstruction on Rupture Rates in NBA Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. 2020, 8(11) [cit. 2021-04-02]. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967120964467

KLINGE, S. A., G. A. SAWYER a M. J. HULSTYN. Essentials of anterior cruciate ligament rupture management. *Rhode Island medical journal (2013)* [online]. 2013, 96(5), 28-32 [cit. 2021-03-31]. ISSN 23272228.

KNOLL, Zsolt, Rita M. KISS a László KOCSIS. Gait adaptation in ACL deficient patients before and after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2004, 14(3), 287-294 [cit. 2021-5-2]. ISSN 10506411. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2003.12.005

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626571

KONISHI, Y., K. IKEDA, A. NISHINO, M. SUNAGA, Y. AIHARA a T. FUKUBAYASHI. Relationship between quadriceps femoris muscle volume and muscle torque after anterior cruciate ligament repair. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 2007, 17(6), 656-661 [cit. 2021-5-6]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00619.x

KRAKOVSKÁ, Tereza. *Vliv únavy na neuromuskulární řízení kolenního kloubu a riziko zranění u fotbalistů věkové kategorie 13 a 15 let*. Olomouc, 2017. Diplomová práce. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, katedra fyzioterapie. Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

KRAUSE, M., F. FREUDENTHALER, K. H. FROSCHE, A. ACHTNICH, W. PETERSEN a R. AKOTO. Operative Versus Conservative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Deutsches Arzteblatt international* [online]. 2018, 115(51-52), 855-862 [cit. 2021-03-31]. ISSN 18660452. Dostupné z: doi:10.3238/arztebl.2018.0855

LAUX, Christoph J., Erika J. ULBRICH, Gustav ANDREISEK, Magda MARCON, Michael A. FISCHER, Tarun MEHRA a Bernhard D. CIRITSIS. Impact of graft and tunnel orientation on patient-reported outcome in anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone autografts. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* [online]. 2018, 13(1) [cit. 2021-03-31]. ISSN 1749-799X. Dostupné z: doi:10.1186/s13018-018-0954-3

LELLI, Alessandro, Rita Paola DI TURI, David B. SPENCINER a Marcello DÒMINI. The “Lever Sign”: a new clinical test for the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2016, 24(9), 2794-2797 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-014-3490-7

LEPORACE, GUSTAVO, LEONARDO METSAVAHT, GABRIEL ZEITOUNE, THIAGO MARINHO, TAINÁ OLIVEIRA, GLAUBER RIBEIRO PEREIRA, LISZT PALMEIRA DE OLIVEIRA a LUIZ ALBERTO BATISTA. USE OF SPATIOTEMPORAL GAIT PARAMETERS TO DETERMINE RETURN TO SPORTS AFTER ACL RECONSTRUCTION. *Acta Ortopédica Brasileira* [online]. 2016, 24(2), 73-76 [cit. 2021-5-2]. ISSN 1413-7852. Dostupné z: doi:10.1590/1413-785220162402147450

LIEN-IVERSEN, Teodor, Daniel Barklin MORGAN, Carsten JENSEN, May Arna RISBERG, Lars ENGBRETSSEN a Bjarke VIBERG. Does surgery reduce knee osteoarthritis, meniscal injury and subsequent complications compared with non-surgery after ACL rupture with at least 10 years follow-up? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2020, 54(10), 592-598 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2019-100765

LIN, Paige E. a Susan M. SIGWARD. Influence of Hamstrings on Knee Moments During Loading Response of Gait in Individuals Following ACL Reconstruction. *Journal of*

Orthopaedic Research [online]. 2019, 38(2), 378-386 [cit. 2021-5-6]. ISSN 0736-0266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.24465

MANTASHLOO, Zahed, Amir LETAFATKAR a Mohsen MORADI. Vertical ground reaction force and knee muscle activation asymmetries in patients with ACL reconstruction compared to healthy individuals. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2020, 28(6), 2009-2014 [cit. 2021-5-6]. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-019-05743-5

MAYR, Hermann O., Silvia BRUDER, Robert HUBE, Anke BERNSTEIN, Norbert P. SUEDEKAMP a Amelie STOEHR. Single-Bundle Versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction—5-Year Results. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* [online]. 2018, 34(9), 2647-2653 [cit. 2021-03-31]. ISSN 07498063. Dostupné z: doi:10.1016/j.arthro.2018.03.034

MINNING, S. J., G. D. MYER, R. E. MANGINE, M. EIFERT-MANGINE a A. J. COLOSIMO. Serial assessments to determine normalization of gait following anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 2009, 19(4), 569-575 [cit. 2021-5-2]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00818.x

MISHRA, Pallav, Ajay LAL, Mukul MOHINDRA, Nitin MEHTA, Deepak JOSHI a Deepak CHAUDHARY. Incidence, management and outcome assessment of post operative infection following single bundle and double bundle acl reconstruction. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* [online]. 2018, 9(2), 167-171 [cit. 2021-03-31]. ISSN 09765662. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcot.2017.09.017

MOHAMMADI, Farshid, Mahyar SALAVATI, Behnam AKHBARI, Masood MAZAHARI, Mojdeh KHORRAMI a Hossein NEGAHBAN. Static and dynamic postural control in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and controls. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2012, 20(8), 1603-1610 [cit. 2021-4-28]. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-011-1806-4

MOHTADI, Nick a John GRANT. Managing Anterior Cruciate Ligament Deficiency in the Skeletally Immature Individual: A Systematic Review of the Literature. *Clinical Journal of Sport Medicine* [online]. 2006, 16(6), 457-464 [cit. 2021-04-02]. ISSN 1050-642X. Dostupné z: doi:10.1097/01.jsm.0000248844.39498.1f

MUAIDI, Qassim Ibrahim, Leslie Lorenda NICHOLSON, Kathryn Margaret REFSHAUGE, Roger David ADAMS a Justin Phillip ROE. Effect of Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction on Proprioceptive Acuity of Knee Rotation in the Transverse Plane. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2009, 37(8), 1618-1626 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546509332429

NAIK, Arjun Ajith, Bishwaranjan DAS a Yogeesh D. KAMAT. Avoid post operative bracing to reduce ACL rerupture rates. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* [online]. 2019, 29(8), 1743-1747 [cit. 2021-04-02]. ISSN 1633-8065. Dostupné z: doi:10.1007/s00590-019-02521-4

NOYES, FR, LA MOOAR, CT MOORMAN a GH MCGINNISS. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume* [online]. 1989, 71-B(5), 825-833 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0301-620X. Dostupné z: doi:10.1302/0301-620X.71B5.2584255

OFFERHAUS, Christoph, Maurice BALKE, Juliane HENTE, Mats GEHLING, Simon BLENDL a Jürgen HÖHER. Vancomycin pre-soaking of the graft reduces postoperative infection rate without increasing risk of graft failure and arthrofibrosis in ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2019, 27(9), 3014-3021 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-018-5323-6

OCHI, Mitsuo, David DEJOUR, Atsuo NAKAMAE a Panagiotis G. NTAGIOPOULOS. Diagnosis of Partial ACL Rupture. NAKAMURA, Norimasa, Stefano ZAFFAGNINI, Robert G. MARX a Volker MUSAHL, ed. *Controversies in the Technical Aspects of ACL Reconstruction* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017, 2017-03-22, s. 301-311 [cit. 2021-03-31]. ISBN 978-3-662-52740-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-662-52742-9_28

PATERNO, Mark V., Laura C. SCHMITT, Kevin R. FORD, Mitchell J. RAUH, Gregory D. MYER a Timothy E. HEWETT. Effects of Sex on Compensatory Landing Strategies Upon Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 2011, 41(8), 553-559 [cit. 2021-5-6]. ISSN 0190-6011. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.2011.3591

PAUČEK, B., D. SMÉKAL a R. HOLIBKA. Poranění předního zkříženého vazů -- diagnostika magnetickou rezonancí, operační, klinické a rehabilitační souvislosti. *Rehabilitation* [online]. 2014, 21(3), 103-112 [cit. 2021-03-31]. ISSN 12112658.

PETERSEN, Wolf a Thore ZANTOP. Partial Rupture of the Anterior Cruciate Ligament. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* [online]. 2006, 22(11), 1143-1145 [cit. 2021-04-02]. ISSN 07498063. Dostupné z: doi:10.1016/j.arthro.2006.08.017

PIETROSIMONE, BRIAN, MATTHEW K. SEELEY, CHRISTOPHER JOHNSTON, STEVEN J. PFEIFFER, JEFFERY T. SPANG a J. TROY BLACKBURN. Walking Ground Reaction Force Post-ACL Reconstruction: Analysis of Time and Symptoms. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2019, 51(2), 246-254 [cit. 2021-5-6]. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000001776

POKORNÝ, V., a kol. Traumatologie. 1.vyd. Praha: Triton, 2002. 307s. ISBN 80-7254-277-X

RIEMANN, Bl a Sm LEPHART. The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *JOURNAL OF ATHLETIC TRAINING* [online]. 2002, 37(1), 71-79 [cit. 2021-04-08]. ISSN 10626050.

ROTHRAUFF, Benjamin B., Ahmed JORGE, Darren DE SA, Jeffrey KAY, Freddie H. FU a Volker MUSAHL. Anatomic ACL reconstruction reduces risk of post-traumatic osteoarthritis: a systematic review with minimum 10-year follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2020, 28(4), 1072-1084 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-019-05665-2

SADEGHI, Heydar, Paul ALLARD a Morris DUHAIME. Functional gait asymmetry in able-bodied subjects. *Human Movement Science* [online]. 1997, 16(2-3), 243-258 [cit. 2021-5-4]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/S0167-9457(96)00054-1

SHI, Huijuan, Li DING, Yanfang JIANG, et al. Bone Bruise Distribution Patterns After Acute Anterior Cruciate Ligament Ruptures: Implications for the Injury Mechanism. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. 2020, 8(4) [cit. 2021-03-31]. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967120911162

SHIDAHARA, H., M. DEIE, T. NIIMOTO, et al. Prospective Study of Kinesthesia After ACL Reconstruction. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 2011, 32(05), 386-392 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-0031-1271675

SHIMOKOCHI, Yohei, Jatin P. AMBEGAONKAR, Eric G. MEYER, Sae Yong LEE a Sandra J. SHULTZ. Changing sagittal plane body position during single-leg landings influences the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2013, 21(4), 888-897 [cit. 2021-4-28]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-012-2011-9

SMEETS, Annemie, Sabine VERSCHUEREN, Filip STAES, Hilde VANDENNEUCKER, Steven CLAES a Jos VANRENTERGHEM. Athletes with an ACL reconstruction show a different neuromuscular response to environmental challenges compared to uninjured athletes. *Gait & Posture* [online]. 2021, 83, 44-51 [cit. 2021-04-10]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2020.09.032

SMÉKAL, D., MAYER, M. Neuromuskulární kontrola a rehabilitace u lézí předního zkříženého vazů. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, č. 3, 2004. s. 111–117

SÖDERMAN, Tomas, Marie-Louise WRETLING, Mari HÄNNI, Christina MIKKELSEN, Robert J. JOHNSON, Suzanne WERNER, Anders SUNDIN a Adel SHALABI. Higher frequency of osteoarthritis in patients with ACL graft rupture than in those with intact ACL grafts 30 years after reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2020, 28(7), 2139-2146 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-019-05726-6

SOSNA, Antonín. *Základy ortopedie*. Praha: Triton, 2001. ISBN 80-7254-202-8

STENSDOTTER, Ann-Katrin, Eva TENGMAN a Charlotte HÄGER. Altered postural control strategies in quiet standing more than 20 years after rupture of the anterior cruciate ligament. *Gait & Posture* [online]. 2016, 46, 98-103 [cit. 2021-4-25]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2016.02.020

SUZUKI, Tomoyuki, Konsei SHINO, Satoshi YAMAKAWA, et al. A Biomechanical Comparison of Single-, Double-, and Triple-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstructions Using a Hamstring Tendon Graft. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* [online]. 2019, 35(3), 896-905 [cit. 2021-03-31]. ISSN 07498063. Dostupné z: doi:10.1016/j.arthro.2018.10.124

SWANIK, Charles Buz, Tracey COVASSIN, David J. STEARNE a Philip SCHATZ. The Relationship between Neurocognitive Function and Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2007, 35(6), 943-948 [cit. 2021-04-10]. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546507299532

TAYLOR, Jeffrey B., Elizabeth OWEN a Kevin R. FORD. INCORPORATING WORKLOAD MEASURES INTO REHABILITATION AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION: A CASE REPORT. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. 2020, 15(5), 823-831 [cit. 2021-03-31]. ISSN 21592896. Dostupné z: doi:10.26603/ijsp20200823

TSOUKAS, Dimitrios, Vasilios FOTOPOULOS, Georgios BASDEKIS a Konstantinos G. MAKRIDIS. No difference in osteoarthritis after surgical and non-surgical treatment of ACL-injured knees after 10 years. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2016, 24(9), 2953-2959 [cit. 2021-03-31]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-015-3593-9

VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9

VERHELST, P.-J. a T. LUYCKX. Surgical treatment of the Anterior Cruciate Ligament Rupture: Where do we stand today? *Acta Orthopaedica Belgica* [online]. 2017, 83(2), 268 - 275 [cit. 2021-04-02]. ISSN 00016462.

WANG, Li-Juan, Ni ZENG, Zhi-Peng YAN, Jie-Ting LI a Guo-Xin NI. Post-traumatic osteoarthritis following ACL injury. *Arthritis Research & Therapy* [online]. 2020, 22(1) [cit. 2021-04-02]. ISSN 1478-6362. Dostupné z: doi:10.1186/s13075-020-02156-5

WEIN, Frank, Laetitia PEULTIER-CELLI, Mo SAFFARINI a Philippe PERRIN. No significant improvement in neuromuscular proprioception and increased reliance on visual compensation 6 months after ACL reconstruction. *Journal of Experimental Orthopaedics* [online]. 2021, 8(1), 1-8 [cit. 2021-4-28]. ISSN 21971153. Dostupné z: doi:10.1186/s40634-021-00338-x

WIKSTROM, Erik A, Mark D TILLMAN, Terese L CHMIELEWSKI a Paul A BORSA. Measurement and Evaluation of Dynamic Joint Stability of the Knee and Ankle After Injury. *Sports Medicine* [online]. 2006, 36(5), 393-410 [cit. 2021-04-06]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200636050-00003

WRZESIEN', Zuzanna, Aleksandra TRUSZCZYNSKA-BASZAK a Remigiusz RZEPKA. Lower extremity muscle strength, postural stability and functional movement screen in female basketball players after ACL reconstruction. Preliminary report. *Acta of Bioengineering* [online]. 2019, 21(2), 71-81 [cit. 2021-04-06]. ISSN 1509409X. Dostupné z: doi:10.5277/ABB-01290-2019-02

YONG WOO AN. Fear of reinjury matters after ACL injury. *IJASS(International Journal of Applied Sports Sciences)* [online]. 2018, 30(2), 149-159 [cit. 2021-03-31]. ISSN 1598-2939. Dostupné z: doi:10.24985/ijass.2018.30.2.149

ZEMAN, Petr. Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů single-bundle versus double-bundle technikou. *Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů single-bundle versus double-bundle technikou / Petr Zeman ; vedoucí práce Karel Koudela ; oponent práce Jiří Skála-Rosenbaum, Radim Kalina* [online]. 2014 [cit. 2021-04-03]

ZIEGLER, Connor G., Nicholas N. DEPHILLIPO, Mitchell I. KENNEDY, Travis J. DEKKER, Grant J. DORNAN a Robert F. LAPRADE. Beighton Score, Tibial Slope, Tibial Subluxation, Quadriceps Circumference Difference, and Family History Are Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Graft Failure: A Retrospective Comparison of Primary and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstructions. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* [online]. 2021, 37(1), 195-205 [cit. 2021-03-31]. ISSN 07498063. Dostupné z: doi:10.1016/j.arthro.2020.08.031

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Informovaný souhlas	104
Příloha 2	Vzor dotazníku.....	105

Informovaný souhlas účastníka výzkumu

Vážený pane, vážená paní,

v souladu s etickými zásadami realizace výzkumu Vás žádám o souhlas s účastí ve výzkumném projektu v rámci mé diplomové práce.

Název práce: Změny parametrů stoje a chůze u pacientů s plastikou předního zkříženého vazů

Autor práce: Bc. Kateřina Lukešová

Název pracoviště: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství ve FN Motol

Vedoucí práce: Mgr. Michaela Opálková

Popis výzkumu: Cílem tohoto výzkumu je objasnit změny ve vybraných parametrech stoje a chůze u pacientů po plastice předního zkříženého vazů. Výzkum bude probíhat na Klinice rehabilitace a tělovýchovného lékařství ve FN Motol. Samotné měření bude spočívat ve stoji po dobu 30s a chůzi po dobu 1 min na chodícím páse Zebris FDM-T System, který změří potřebné parametry, které budou následně vyhodnoceny. Výstup z měření Vám bude k dispozici v PDF formě.

Prohlášení

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. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány a využity pouze pro účely této diplomové práce. Byl/a jsem poučen/a o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat.

Jméno a příjmení:

V Praze, dne.....

Podpis:

Příloha 2 – vzor dotazníku

Dobrý den, ráda bych Vás požádala o vyplnění krátkého dotazníku, jehož výsledky použiji výhradně ve své diplomové práci věnující se tématu změn parametrů chůze a stoje po prodělané plastice předního zkříženého vazů v koleni.

Děkuji Vám za Váš čas

Kateřina Lukešová

Na následující otázky prosím odpovězte zakroužkováním jedné z možností:

1. Jsem:

- a Muž
- b Žena

2. Má věková kategorie je:

- a 15 – 20 let
- b 20 – 30 let
- c 30 – 40 let
- d 40 – 50 let
- e 50 – 60 let

3. Sportu se věnuji:

- a 1 – 2x týdně
- b 3 – 4x týdně
- c Denně

Na následující otázky prosím odpovězte slovně:

1 Před kolika lety jste podstoupil(a) plastiku předního zkříženého vazů?

2 Jak dlouho po samotném úraze jste operaci podstoupil (a)?

- 3 Docházel(a) jste před/po operaci na rehabilitaci, případně s jakým efektem?**
- 4 Pociťujete v současné době obtíže spojené s kolenním kloubem při běžných denních či fyzicky náročnějších aktivitách? Pokud ano, tak jaké? (omezení rozsahu pohybu, bolest, pocit nestability aj.)**

