

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

**Rozdíly v neuromuskulárních indikátorech rizika zranění kolenního
kloubu mezi dospělými ragbisty mužského a ženského pohlaví**

Diplomová práce

Autor: Bc. et Bc. Jan Hlavatý
Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Sikora
Olomouc 2022

Jméno a příjmení autora: Jan Hlavatý

Název diplomové práce: Rozdíly v neuromuskulárních indikátorech rizika zranění kolenního kloubu mezi dospělými ragbisty mužského a ženského pohlaví

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Ondřej Sikora

Rok obhajoby diplomové práce: 2022

Abstrakt:

Cílem této práce bylo identifikovat potenciální pohlavní rozdíly v neuromuskulárních indikátorech rizika zranění kolenního kloubu u dospělých hráčů ragby. Hodnoceni byli muži a ženy starší 18 let (muži: $n=10$, ženy $n=10$). Neuromuskulární kontrola kolenního kloubu byla hodnocena pomocí parametrů reaktivního silového indexu (RSI), absolutní tuhosti dolních končetin (ALS) a relativní tuhosti dolních končetin (RLS). Měření ALS proběhlo pomocí testu 20 submaximálních vertikálních skoků. Z těchto výsledků byly dopočítány hodnoty RLS vzhledem ke hmotnosti a délce DKK každého jedince. Pro získání hodnot RSI bylo využito testu pěti maximálních vertikálních skoků. Výsledky měření ukázaly signifikantní rozdíl mezi oběma pohlavími ve prospěch mužů u parametru ALS ($p = 0,017$; $Z = 2,4$), zatímco u parametrů RLS ($p = 0,168$; $Z = 1,38$) ani u RSI ($p = 0,241$; $Z = 1,17$) tyto rozdíly statisticky signifikantní nebyly.

Klíčová slova: neuromuskulární kontrola, kolenní kloub, tuhost dolních končetin, reaktivní silový index, cyklus protažení a zkrácení svalu

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Jan Hlavatý

Title of the master thesis: Differences in neuromuscular indicators of knee injury risk between adult male and female rugby players

Department: Palacky University, Faculty of Physical Culture, Department of Physiotherapy

Supervisor: Mgr. Ondřej Sikora

The year of presentation: 2022

Abstract:

The aim of this thesis was to identify potential gender differences in neuromuscular indicators of the risk of knee injuries in adult rugby players. Men and women over 18 years of age were evaluated (men: $n = 10$, women $n = 10$). Neuromuscular control of the knee joint was assessed using the parameters of reactive strength index (RSI), absolute leg stiffness (ALS), and relative leg stiffness (RLS). ALS measurements were performed using a test of 20 submaximal vertical jumps. From these results, RLS values were calculated with respect to the weight and length of the lower limb of each individual. A test of five maximum vertical jumps was used to obtain RSI values. The measurement results showed a significant gender difference in favour of men for the ALS parameter ($p = 0.017$; $Z = 2.4$), while for the RLS parameters ($p = 0.168$; $Z = 1.38$) or for the RSI ($p = 0.241$; $Z = 1.17$) these differences were not statistically significant.

Keywords: neuromuscular control, knee joint, leg stiffness, reactive strength index, stretch-shortening cycle

I agree with lending of the thesis within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Ondřeje Sikory, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 22. 4. 2022

Rád bych poděkoval Mgr. Ondřeji Sikorovi za odborné vedení diplomové práce
a za poskytování cenných rad.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ.....	10
2.1 Ragby.....	10
2.2 Epidemiologie poranění kolenního kloubu.....	11
2.3 Stabilita kolenního kloubu.....	13
2.3.1 Pasivní (statické) stabilizátory kolenního kloubu.....	13
2.3.2 Aktivní (dynamické) stabilizátory kolenního kloubu.....	14
2.4 Rizika poranění kolenního kloubu a jejich rozdíly u mužů a žen.....	16
2.4.1 Generalizovaná hypermobilita.....	17
2.4.2 Velikost Q-úhlu.....	17
2.4.3 Zúžení prostoru ve fossa intercondylaris femoris.....	18
2.4.4 Valgozita dolních končetin.....	18
2.4.5 Hormonální rizikové faktory.....	20
2.4.6 Neuromuskulární rizikové faktory.....	20
2.5 Hodnocení neuromuskulární kontroly kolenního kloubu.....	23
2.5.1 Tuhost dolních končetin.....	24
2.5.2 Reaktivní silový index.....	26
3 CÍLE.....	29
3.1 Hlavní cíl.....	29
3.2 Hypotéza.....	29
3.3 Výzkumná otázka.....	29
4 METODIKA.....	30
4.1 Výzkumný soubor.....	30
4.2 Metodika sběru dat.....	31
4.3 Postup měření.....	32
4.3.1 Test opakovaných submaximálních vertikálních skoků.....	32
4.3.2 Test opakovaných vertikálních skoků.....	33
4.4 Statistická analýza dat.....	33
5 VÝSLEDKY.....	34
6 DISKUZE.....	35
7 ZÁVĚR.....	40
8 SOUHRN.....	41
9 SUMMARY.....	43

10 REFERENČNÍ SEZNAM	45
11 PŘÍLOHY	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ALS	absolutní tuhost dolních končetin
DKK	dolní končetiny
LCA	přední zkřížený vaz, ligamentum cruciatum anterius
LCP	zadní zkřížený vaz, ligamentum cruciatum posterius
LS	tuhost dolních končetin
m.	musculus
RLS	tuhost dolních končetin
RSI	reaktivní silový index
SSC	cyklus protažení a zkrácení svalu

1 ÚVOD

Ragby je kontaktní sport, který na sportovce klade vysoké všestranné nároky s kombinací svalové síly, vytrvalosti, rychlosti, zrychlení, hbitosti, flexibility a aerobní vytrvalosti. V důsledku samotného tréninkového procesu a zejména pak v průběhu zápasů existuje velké riziko muskuloskeletálního zranění. To může také vést ke ztrátě příjmu pro zraněného hráče, finančním nákladům na lékařskou péči a pracovním omezením kvůli závažnosti a typu případného zranění.

Současné poznatky ukazují, že poranění LCA je ve většině případů způsobeno dysfunkcí dynamických stabilizačních mechanismů. Takové narušení neuromuskulární kontroly má za následek přetěžování pasivních stabilizačních struktur. Při překročení mezních hodnot těchto struktur v tahu dojde k jejich mechanickému selhání. Tato tvrzení ukazují důležitost věnovat se v rámci prevence modifikovatelným neuromuskulárním faktorům.

U sportů jako je ragby, při kterých dochází k častým výskokům a rychlým změnám pohybu, mají ženy v porovnání s muži až 4krát více úrazů v oblasti kolenního kloubu. Velké procento těchto úrazů představuje poranění LCA, ke kterému typicky dochází nekontaktními mechanismy. Jako nejčastější mechanismus vzniku nekontaktního poranění LCA je dopad na jednu dolní končetinu s rychlou změnu pohybu.

Možností hodnocení neuromuskulární kontroly je hned několik. Tato práce hodnotí úroveň neuromuskulární kontroly pomocí vertikálních skoků. Z hlediska prevence zranění se ukazují vhodnými indikátory také ukazatele spojené s cyklem protažení a zkrácení svalu (Stretch shortening cycle, SSC). Mezi tyto neuromuskulární indikátory patří absolutní tuhost dolních končetin (ALS), relativní tuhost dolních končetin (RLS) a reaktivní silový index (RSI). Prostřednictvím výše zmíněných indikátorů rizika poranění kolenního kloubu lze identifikovat změny neuromuskulárního řízení, které zvyšují riziko výskytu poranění LCA. Záměrem této práce je identifikovat rozdíly v neuromuskulárních indikátorech rizika zranění kolenního kloubu mezi dospělými hráči a hráčkami ragby.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Ragby

Ragby je kontaktní míčový sport, který se rozšířil začátkem 19. století z Anglie do celého světa. V Česku byla ragbyová unie založena roku 1926. Ragby klade na hráče vysoké fyzické nároky a je kombinací rychlosti, síly a strategie. Pro nezasvěceného diváka se ragby může jevit jako hra plná rozporů. Například při snaze vybojovat míč je na soupeře vyvíjen silný fyzický nátlak, avšak bez úmyslu soupeře zranit. Je tak velmi tenká hranice, kterou musí hráči i rozhodčí svým působením na hřišti rozlišovat. A právě to dělá z ragby sport, kde se disciplína, vzájemný respekt a smysl pro fair play vyrovnává fyzickému výkonu na hřišti. Zajímavá je dlouhodobá statistika zahrnující ligová i mezinárodní utkání, kdy hráči za jedno utkání naběhají v průměru 6–10 km a ztratí 3 kg váhy (Vašíčková, 2009).

Ragby je hra vhodná pro všechny, hrají ho muži i ženy všech věkových kategorií. Existuje několik verzí ragby, z nichž nejpopulárnější jsou patnáctkové a sedmičkové ragby. Patnáctkové ragby vzniklo ve městě Rugby a od roku 1995 je profesionálním sportem. Je to jeden z nejrozšířenějších sportů na světě a běžně se pro něj používá samotný výraz ragby. Obě verze se hrají na stejném hřišti, s totožným balonem i vybavením hráčů. I samotná pravidla sedmičkového ragby vycházejí z patnáctkové verze a až na výjimky jsou totožná. Hlavním rozdílem je tedy zejména počet hráčů a hrací doba, kdy se patnáctky hrají 2 x 40, zatímco sedmičky pouze 2 x 7 minut (Skála Haitman, 2007).

2.2 Epidemiologie poranění kolenního kloubu

Koleno je nejsložitějším kloubem v lidském těle a jeho akutní zranění jsou častá nejenom u sportovců, ale i u běžné populace. Profesionální sportovce tyto úrazy vyřadí nebo výrazně limitují v tréninkovém procesu a mohou tak mít zásadní dopad na jejich sportovní výkon. Úrazy kolenního kloubu mají v mnoha případech pro sportovce trvalé následky a v porovnání se zraněními ostatních částí těla vyžadují průměrně delší dobu léčby. Vzhledem k těmto okolnostem je třeba vidět v těchto zraněních u sportovců nejen riziko zdravotní, ale i ekonomické (Dallalana et al., 2007).

Podrobná epidemiologie úrazů je neocenitelným nástrojem pro snižování rizik spojených se sportovními úrazy. Tyto informace poskytují jedinečnou zpětnou vazbu pro zhodnocení efektivity tréninkového procesu jako celku i jednotlivých strategií navržených pro snížení celkového rizika zranění. Tyto strategie zahrnují například modifikace jednotlivých tréninkových praktik, odborné vzdělávání trenérů, úpravu samotného sportovního vybavení či úpravu pravidel daného sportu. V profesionálním ragby je však údajů ohledně zranění kolenního kloubu velmi málo (Mandelbaum et al., 2005; Verral et al., 2005).

Obecně můžeme rozdělit zranění ve sportu na kontaktní a nekontaktní. Oba tyto typy jsou pozitivně ovlivněny zvyšující se únavou, kdy ke zraněním dochází častěji v pozdějších fázích zápasu či celé sezóny. U týmových sportů, kde jsou vysoké nároky na dynamickou stabilitu dolních končetin při skocích a rychlých změnách směru, tvoří nekontaktní poranění kolenního kloubu 60 % (Anderson et al., 2019).

Peat et al. (2014) ve své studii, která proběhla v rozmezí let 2004 až 2012 u běžné populace Švédska, uvádí roční incidenci zranění kolene 766 u mužů a 676 u žen na 100 000 obyvatel. U mužů a žen se nejvyšší četnost zranění vyskytla v rozmezí 15 až 19 let (1698 na 100 000 mužů a 1464 na 100 000 žen). Naopak nejnižší míra četnosti zranění byla u žen ve věkovém rozmezí 25 až 34 let a poté znovu vzrostla ve věku 35 až 49 let. K podobným závěrům ve své studii došel i Ferry et al. (2014), který ovšem udává vyšší rozmezí pro období nejčastějšího výskytu poranění kolenního kloubu, a to 15 až 24 let.

Studie Dallalana et al. (2007), zabývající se epidemiologií poranění kolenního kloubu v Anglické profesionální ragbyové unii, uvádí poranění předního křížového vazy a mediálního kolaterálního vazy jako nejčastější důvod dlouhodobé absence hráčů. Úrazy kolene jako takové představovaly nejvyšší počet dnů absence v tréninkovém procesu

(7776 dnů čili 21 %) a byly charakteristické vysokým počtem dnů na jedno zranění (37 dnů). Ze všech zranění kolene představovalo největší podíl zameškaných dnů poranění předního zkříženého vazů (29 %), následovalo poranění mediálního kolaterálního vazů (25 %). Zajímavé je také porovnání četnosti výskytu kontaktního a nekontaktního poranění kolene během zápasu se zraněními způsobenými při tréninku. V průběhu zápasu vzrostl podíl kontaktního poranění (72 %) oproti nekontaktnímu (22 %). Zbýlých 6 % zranění bylo nejisté etiologie. Naopak během tréninku se tyto rozdíly více vyrovnaly, kdy kontaktní zranění měla 48% zastoupení, zatímco nekontaktní 39%. Většina těchto úrazů se tedy stala v důsledku kontaktu během zápasu, a to v posledních 20 minutách hry. Zranění způsobená během tréninku představovala pouze 16 % všech zranění kolene. V rámci nekontaktního poranění LCA uvádějí Granata, Padua, & Wilson (2002) jako nejčastější mechanismus vzniku dopad na jednu dolní končetinu a rychlou změnu pohybu.

Dlouholetá statistická studie Kinga et al. (2009), která v rozmezí let 1999-2007 zkoumala četnost jednotlivých poranění a s nimi související finanční náklady napříč jednotlivými soutěžemi na Novém Zélandu. Udávají, že celkové náklady na zranění způsobená během ragby byly 42 822 048 USD. Nejčastějším místem poranění bylo koleno s celkovými náklady v hodnotě 8 750 147 USD. V rámci jednotlivých struktur byly nejčastěji postiženy měkké tkáně (17 324 214 USD). Studie také udává, že profesionální soutěže mají až 2,2krát vyšší míru zranění než soutěže amatérské.

2.3 Stabilita kolenního kloubu

2.3.1 Pasivní (statické) stabilizátory kolenního kloubu

Mezi pasivní stabilizátory kolenního kloubu řadíme ligamenta, menisky, kloubní pouzdro a tvar samotných kloubních ploch (Véle, 1997). Tyto struktury jsou vyjma kosterních spojení nazývány primárními stabilizátory kloubu (Abulhasan & Grey, 2017).

V kolenním kloubu jsou dvě kostěná spojení, tibiofemorální a femoropatelní. Prvně jmenované je největším kloubním spojením v lidském těle a slouží zejména k přenosu tělesné hmotnosti. Kondyly femuru jsou zakulacené a v anteroposteriorní ose se rozcházejí posteriorně. Oproti tomu facies articulares na tibií jsou téměř ploché a neodpovídají zakřivení femorálních kondylů. Při pohybu se tak femur v každé poloze stýká vždy jen s malou částí tibie a většinu styčné plochy představují menisky. Laterální část tibie je konkávní ve frontální rovině, ale konvexní v rovině sagitální, zatímco její mediální část je bikonkávní. To způsobuje relativní stabilitu mediálního kondylu femuru, zatímco laterální část má díky menší styčné ploše tendenci klouzat po konvexním tibiálním plateau (Kapandji, 1987). Fyziologická valgozita kolenního kloubu určuje, že aktivace m. quadriceps femoris táhne patelu mírně laterálně. Prostorová orientace laterálního kondylu tak z části zabraňuje její dislokaci (Magee, 2014).

Femoropatelní kloub je z anatomického hlediska kloubem sedlovým. Jde o spojení mezi patelou a femurem, kde jsou styčnými plochami facies articularis patellae a facies patellaris femoris v sulcus trochlearis. Zajišťuje také efektivní přenos sil jdoucích z femuru na tibií a současně minimalizuje tření (Goldblatt & Richmond, 2003).

Kloubní pouzdro je vláknitý obal, který formuje stěnu artikulačního prostoru. Jeho zevní, fibrózní vrstva se upíná na femur zhruba 1,5 cm od kloubních ploch a nechává tak volné epikondyly pro úpony svalů a vazů. Na tibií a patelu se kloubní pouzdro upíná po okrajích kloubních ploch. Upíná se také na okraj menisků a rozděluje tak kloubní šterbinu na část meniskotibiální a femoromeniskeální. Menisky svou bází srůstají s kloubním pouzdem. Zadní část mediálního menisku je skrze pouzdro také spojena s m. semimembranosus a jeho střední část s vnitřním kolaterálním vazem. Je tedy méně pohyblivý a bývá tak častěji poškozen (Bartoníček & Heřt, 2004).

Dalšími pasivními stabilizátory kolene jsou ligamenta, která zamezují extrémním pohybovým rozsahům. Dle uložení je můžeme rozdělit na anteriorní, posteriorní,

kolaterální a uvnitř uložená zkřížená. Zajišťují tak pasivní stabilitu kolene a jsou orientována tak, aby v každém směru zabraňoval pohybu alespoň jeden vaz. Ligamenta také obsahují proprioreceptory, díky nimž napomáhají souhře synergických svalových skupin (Albuhasan & Grey, 2017).

Nitrokloubní zkřížené vazy zajišťují stabilitu kolene zejména ve ventrodorzálním směru. LCA je nejvýznamnějším stabilizátorem tibie proti jejímu anteriornímu posunu vůči femuru. Zároveň je sekundárním stabilizátorem vůči hyperextenzi kolene a valgózního, varózního a rotačního násilí. Největší zatížení je na LCA vyvíjeno při extendovaném koleni a současně ventrálně a vnitřně rotačně působící síle. Ligamentum cruciatum posterius naopak brání posunu tibie vůči femuru vzad a do zevní rotace. LCP je o 1/3 silnější a v rámci kolenního kloubu jde o nejsilnější vaz (Batoníček & Heřt, 2004).

Kolaterální ligamenta jsou po stranách kolenního kloubu a brání laterolaterálnímu posunu kloubních ploch. Při plné extenzi v koleni zodpovídají za transverzální stabilitu. Ligamentum collaterale mediale má trojúhelníkovitý tvar a poskytuje stabilitu vnitřní straně kolenního kloubu především proti silám působícím do valgozity a zevní rotace v koleni. Jeho zadní část se navíc spolu s m. semimembranosus napojuje na dorzomediální stabilizační komplex. Největší zatížení tohoto vazy je při extenzi a zevní rotaci. Ligamentum collaterale laterale je oválného tvaru a stabilizuje zevní část kolenního kloubu zejména proti varóznímu stresu (Albuhasan & Grey, 2017).

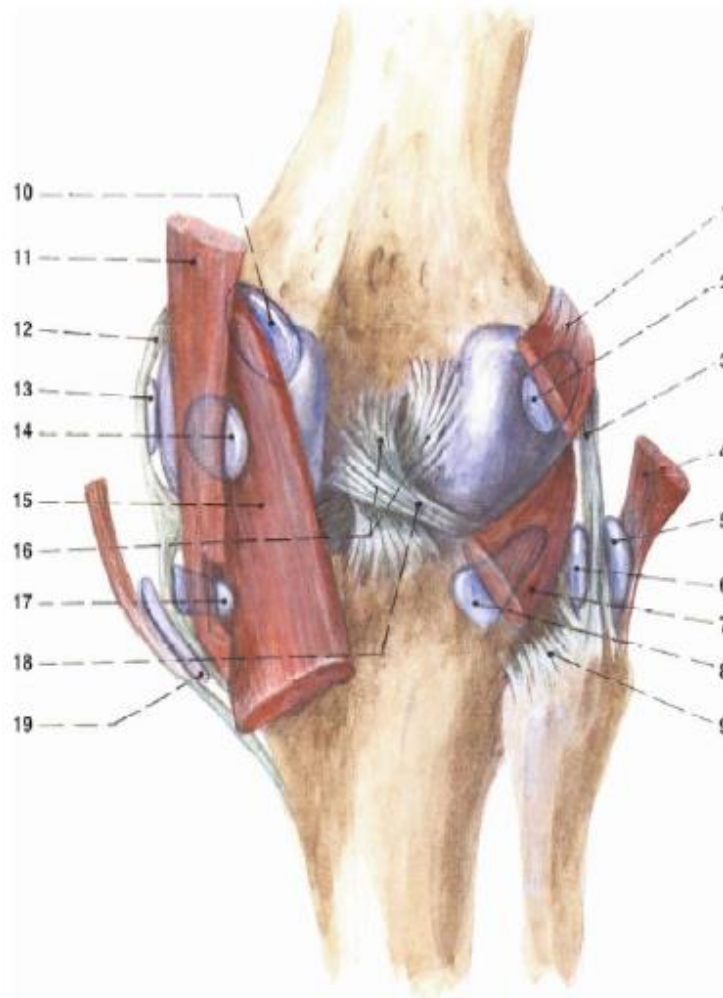
2.3.2 Aktivní (dynamické) stabilizátory kolenního kloubu

Aktivní stabilizace kolenního kloubu je zajištěna prostřednictvím svalů obklopujících tento kloub. Kromě vykonávání samotného pohybu se tak svaly uplatňují při kontrole pohybu a propriocepci (Abulhasan & Grey, 2017).

Z přední strany je za stabilitu kolenního kloubu zodpovědný m. quadriceps femoris, který je spolu s patellou a ligamentum patellae součástí extenzorového aparátu tohoto kloubu. M. quadriceps femoris má čtyři části a to m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. vastus lateralis a m. vastus intermedius. Na mediálním vastu dále rozlišujeme m. vastus medialis longus a m. vastus medialis obliquus. Druhý jmenovaný je uložený distálněji v blízkosti kolenního kloubu a jeho vlákna mají téměř horizontální průběh. Jeho správná funkce tak má zásadní význam pro stabilitu femoropatelárního kloubu, kdy svým tahem zabraňuje laterální dislokaci patelly. Z těchto důvodů je také mediální vastus oproti laterálnímu silnější (Bartoníček & Heřt, 2004).

Mezi stabilizátory zajišťující posteriorní stabilitu kloubu řadíme m. gastrocnemius, m. popliteus a při vzájemné aktivaci hamstringy, tedy m. semitendinosus, m. semimembranosus a m. biceps femoris. Semisvaly navíc zpevňují kloub z mediální strany. M semimembranosus se do oblasti kolenního kloubu upíná třemi šlachami, a to mediálním pruhem k mediální ploše vnitřního kondylu tibie, středním pruhem k zadní straně tibie a laterálním pruhem přechází na zadní stranu kolenního kloubu jako ligamentum popliteum obliquum. M. semitendinosus se spolu s m. gracilis a m. sartorius upíná na mediální plochu tibie jako pes anserinus. Z laterální strany napomáhá stabilitě kloubu m. biceps femoris, který se upíná na hlavicí fibuly a je tak synergistou laterálního kolaterálního vazy a zesiluje tibiofibulární vazivový aparát. Ke stabilitě z laterální strany kolene přispívá i tah iliotibiálního traktu (Čihák, 2011).

Pro ideální dynamickou stabilizaci kloubu je kromě samotné aktivace jednotlivých svalů důležitý i jejich timing zapojení v určitém pohybovém vzorci. V tomto případě by mělo nejprve dojít k aktivaci hamstringů, poté vastů a nakonec m. gastrocnemius. Preaktivace hamstringů je důležitá pro korekci ventrálního translačního pohybu tibie vůči femuru vlivem tahu m. quadriceps femoris. Hamstringy tak jsou agonisty LCA, ale pouze za předpokladu, že jsou aktivovány ve správném pohybovém vzorci. V rámci únavy může dojít k narušení ideální koordinace svalové souhry a zvyšuje se tak riziko zranění (Manske, 2006).



Obr. 321. BURSÆ MUCOSÆ KOLENNÍHO KLOUBU; pravá strana; pohled zezadu; kloubní pouzdro odstraněno
 1 začátek caput laterale musculi gastrocnemii
 2 bursa subtendinea musculi gastrocnemii lateralis
 3 ligamentum collaterale fibulare
 4 úpon musculus biceps femoris
 5 bursa subtendinea musculi bicipitis femoris inferior
 6 bursa musculi poplitei lateralis (var.) - mezi m. popliteus a lig. collaterale fibulare
 7 začátek m. popliteus
 8 bursa musculi poplitei (na vnitřní straně svalů); často komunikuje s dutinou kloubní ve formě recessus subpopliteus
 9 ligamentum capitis fibulae posterius

10 bursa subtendinea musculi gastrocnemii medialis
 11 musculus semimembranosus
 12 ligamentum collaterale tibiale
 13 bursa ligamenti collateralis tibialis (var.)
 14 bursa musculi semimembranosi (lateralis) (bursa gastrocnemio-semimembranosa)
 15 caput mediale musculi gastrocnemii
 16 ligamenta cruciata genu
 17 bursa musculi semimembranosi (medialis)
 18 ligamentum meniscofemorale posterius
 19 bursa anserina (mezi pes anserinus, tj. společným úponem m. sartorius, m. gracilis a m. semitendinosus, a vnitřním poststranním vazem kolenního kloubu)

Obrázek 1. Pasivní a aktivní stabilizátory kolene (Čihák, 2011)

2.4 Rizika poranění kolenního kloubu a jejich rozdíly u mužů a žen

Množství přítomných rizikových faktorů zvyšuje pravděpodobnost vzniku poranění kolenního kloubu. Pro zdraví sportovce je tedy velice důležité těmto faktorům porozumět a snažit se je ovlivnit způsobem, který je minimalizuje a sníží tak riziko případného zranění. Rizikové faktory můžeme rozdělit na vnější a vnitřní. Mezi vnější faktory patří například podmínky životního prostředí, typ povrchu a obuvi a další specifika konkrétní

vykonávané aktivity. K vnitřním řadíme faktory anatomické, neuromuskulární a hormonální (Griffin et al., 2006).

2.4.1 Generalizovaná hypermobilita

Jedním z rizikových faktorů poranění kolenního kloubu je generalizovaná hypermobilita, která výrazně ovlivňuje dynamiku pohybu dolní končetiny. Dochází tak ke většímu zatěžování jednotlivých ligament a časem může dojít k jejich ruptuře. Uhorchak et al. (2003) ve své studii uvádí až 2,8krát vyšší riziko nekontaktního poranění LCA u jedinců s generalizovanou mobilitou než bez ní. Zvýšené riziko poranění dolních končetin v souvislosti s generalizovanou hypermobilitou potvrdili i další autoři (Ergün et al., 2013; Söderman et al., 2001). V tomto prostředí dochází také ke zvětšení valgózních, varozních i rotačních pohybů v kolenním kloubu a zvyšuje se tak riziko poranění typickými úrazovými mechanismy.

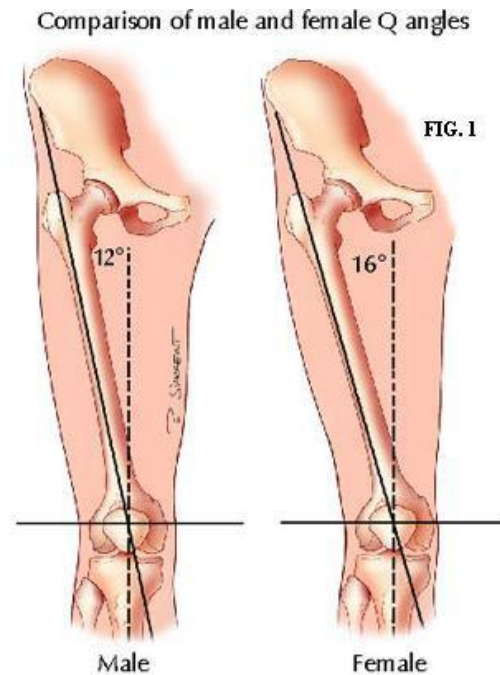
2.4.2 Velikost Q-úhlu

Dalším rizikovým faktorem je velikost Q-úhlu. Tento úhel vytváří spojnice mezi spina iliaca anterior se středem česky se spojnicí středu česky a tuberositas tibie. V rámci působení sil jde o osu tahu m. quadriceps femoris a osu lig. patellae (Čihák, 2011).

Dylevský (2000) uvádí, že osa kontrahujícího m. quadriceps femoris směřuje na bérce mírně mediálně, zatímco osa lig. patellae je odkloněna lehce laterálně. Fyziologické hodnoty Q-úhlu se dle různých autorů mírně liší. Wheelless (2012) uvádí normální hodnotu Q-úhlu u mužů $14^\circ (+/- 3)$, u žen $17^\circ (+/- 3^\circ)$. Podle Čiháka (2011) by tento úhel neměl u mužů překročit 10° a u žen 15° . Dylevský (2009) uvádí, že při Q-úhlu vyšším než 20° může dojít až k subluxacím ve femoropatelním kloubu, kdy tah na patelu překračuje možnosti stabilizátorů česky.

Silový vektor m. quadriceps femoris působí na patelu, která je tisknuta k femuru a lehce kraniolaterálně. Zároveň je tímto působením tibie tažena anteriorním směrem a právě tato síla může způsobit rupturu LCA. Q-úhel je podmíněn dalšími biomechanickými a anatomickými faktory jako je valgózní postavení kolen, větší antevertze krčku femuru, laterálně posunutou tuberositas tibie, zevně rotovanou tibií či hyperpronací nohy. Velikost Q-úhlu tedy může být asymetrická. Tyto faktory jsou pozorovány zejména u žen (Mayer, 2003). V souvislosti se silami odvozenými od velikosti Q-úhlu je podstatný i úhel tvořený lig. patellae a osou tibie, který udává velikost

síly přenášenou přes m. quadriceps femoris na tibií. Udává tak velikost smykové síly působící na tibií. V porovnání pohlaví je tento úhel v průměru o 3,6° větší u žen než u mužů (Yu et al., 2002).



Obrázek 2. Porovnání Q-úhlu u muže a ženy (dostupné z: www.imgarcade.com)

2.4.3 Zúžení prostoru ve fossa intercondylaris femoris

Významným faktorem pro nekontaktní poranění LCA je zúžení prostoru fossa intercondylaris femoris. Riziko poranění je vyšší z důvodu větší iritace LCA během zevní rotace a abdukce tibie. Několik studií prokázalo, že šířka fossa intercondylaris femoris je menší u žen (Hoteya et al., 2011; Rizzo et al., 2001; Wolters, Vrooijink, Van Eck, & Fu, 2011). Johnson (2004) ve svém výzkumu uvádí, že zúžení tohoto prostoru má za následek významně menší plochu příčného řezu střední části LCA u žen oproti mužům.

2.4.4 Valgozita dolních končetin

Fyziologický valgózní úhel je u obou pohlaví v rozmezí 170° - 175° a je tvořený anatomickou osou femuru a tibie (Kapandji, 2016). Z funkčního hlediska jsou na femuru rozlišovány dvě osy. Anatomická osa, která prochází středem diafýzy femuru a mechanická osa, která je dána spojnici středu hlavice femuru s eminentia intercondylaris tibie. Tyto dvě osy spolu svírají v ideálním případě 6° úhel, který je však výrazně závislý na velikosti kolodiafyzárního úhlu femuru (Dylevský, 2000).

V případě, že je tento úhel menší, jde o genua valga, pokud je větší, mluvíme o genua vara (Dylevský, 2000). Valgózní postavení dolních končetin je častější u žen. Je to z důvodu širší pánve, a tedy větší vzdálenosti pánevních kloubních jamek, které mají za následek odlišné postavení femuru. V případě širší pánve a většímu kolodiafyzárnímu úhlu je osové postavení femuru více odkloněno od vertikály. Větší valgozita dolních končetin má za následek přetěžování mediálního postranního vazy a laterálního kompartmentu (Mayer, 2003).

Valgózní postavení v kolenou nese největší míru rizika při dynamických pohybech, kdy jsou síly vyvinuté na kloubní struktury pohybem ještě více umocněny. Yu et al. (2002) ve své studii zaměřené na poranění LCA u sportovkyň uvádí, že ženy oproti mužům dopadají na více extendované končetiny a jsou tak méně flexibilní v kolenních a kyčelních kloubech. U rekreačně sportujících žen také naměřili větší smykovou sílu působící na tibií v anteriorním směru při rychlém zastavení a následném odrazu oproti mužům. V porovnání obou pohlaví došel k podobným závěrům i Holloway (2000), kdy ve své studii uvádí, že muži mají tendenci při dopadu flektovat kolena ve vyšší míře než ženy.

V rámci anatomických rizikových faktorů je třeba vnímat tělo jako celek a dávat do souvislosti působení jednotlivých biomechanických sil. Je přímá souvislost mezi transverzálními rozměry pánve a valgozitou kolen. Zároveň má větší antevertze krčku femuru vliv na větší Q-úhel a dochází tak k nepřiměřené rotaci (zkrutu) tibie při pohybu. Antevertzní pánev má tedy za následek změnu postavení v kyčelním kloubu do flexe a vnitřní rotace. Mění se tak postavení a tím i funkce hamstringů a gluteálních svalů. Z biomechanického hlediska je v těchto případech vyvíjen větší tlak na kloubní struktury. Zejména situace, kdy je oslabena funkce hamstringů, které svou prací fyziologicky snižují zatížení pasivních struktur kolenního kloubu, vede ke zvýšené incidenci nekontaktního poranění LCA. Gluteální svaly zajišťují stabilní postavení v kyčelním kloubu a při narušení jejich funkce dochází ke zvýšení rizika poranění kolene valgózním úrazovým mechanismem. Je tedy důležité brát postavení pánve jako zásadní faktor pro kinetiku a kinematiku dolní končetiny (Zezulak et al., 2007).

2.4.5 Hormonální rizikové faktory

Vliv pohlavních hormonů se řadí mezi potencionální rizikové faktory nekontaktního poranění předního zkříženého vazů sportovkyň. V období puberty dochází k výrazným rozdílům mezi pohlavími vlivem zvýšeného uvolňování pohlavních hormonů. U dívek pubertálního věku tak sledujeme markantně rozdílnou incidenci nekontaktního poranění LCA (Wild, Steele, & Munro, 2012).

Yu et al. (2002) uvádí možný vliv pohlavních hormonů na strukturu a kompozici LCA z důvodu přítomnosti estradiolových, progesteronových a relaxinových receptorů přímo v LCA. Holloway (2000) ve své studii zmiňuje, že přítomnost estradiolu během ovulace má za následek sníženou produkci kolagenových vláken. Zároveň stoupá hladina relaxinu, který přispívá k jejich dezorganizaci, a to vede ke zvýšené laxicitě a potencionální větší zranitelnosti vazů.

Studie Arendt et al. (2002) a Hewet (2000) hodnotily riziko zranění během jednotlivých fází menstruačního cyklu v souvislosti s hladinou progesteronu, relaxinu, estradiolu a také vlivem užívání hormonální antikoncepce. Studie dospěly k závěru, že hormonální výkyvy v průběhu cyklu zvyšují laxicitu vazů a zvyšují tak riziko poranění LCA. Naopak při užívání hormonální antikoncepce dochází ke snížení této laxicity a zlepšení dynamické stability kolenního kloubu. K podobným závěrům došli i Moller-Nielson a Hamar (in Ruedl et al., 2009), kdy uvádějí nižší incidenci nekontaktního poranění LCA u sportovkyň užívajících hormonální antikoncepci. Přímý vztah užívání hormonální antikoncepce a zranění LCA však nestanovili.

2.4.6 Neuromuskulární rizikové faktory

Jedním z důležitých rizikových faktorů poranění měkkých struktur kolene je narušení jeho dynamické neuromuskulární kontroly. Tuto kontrolu zajišťují dynamické stabilizátory kolenního kloubu, které reagují na senzorické podněty. Jedná se zejména o vyváženou koaktivaci m. quadriceps femoris a hamstringů a zároveň m. vastus medialis a m. vastus lateralis. Tyto faktory lze na rozdíl od výše zmíněných anatomických faktorů lépe ovlivnit a jsou tak klíčovým prvkem při prevenci a léčbě poranění kolene. Stabilita kloubu je tak zajišťována pasivními, nekontraktilními složkami, a právě dynamickými stabilizátory. Většina autorů zabývajících se příčinami vzniku poranění LCA se shoduje, že tato zranění vznikají převážně v důsledku narušení dynamických stabilizačních mechanismů (Dauty, Potiron-Josse, & Rochcongar, 2003; Hughes & Watkins, 2006).

Powell a Barber-Foss (2000) uvádí, že nelze jednoznačně brát deficit v neuromuskulárním řízení jako příčinný faktor poranění kolenního kloubu. Zároveň ale zmiňují, že tento deficit má velký vliv na adekvátní rozložení sil působících na pasivní struktury kolene v průběhu pohybu. Při nedostatečné koaktivaci dynamických stabilizátorů může dojít k překročení mezních hodnot tahu pasivních struktur, což vede k jejich mechanickému selhání.

Při ragby dochází k častým změnám rychlosti a směru, k čemuž je zapotřebí velké síly extenzorů kolenního kloubu. Pro dynamickou stabilizaci kolene je, jak už bylo zmíněno, důležitá rovnováha mezi flexory a extenzory tohoto kloubu. Je tak zapotřebí, aby velká síla, kterou působí m. quadriceps femoris, byla tlumena silou hamstringů. Yu et al. (2002) také uvádí, že koaktivace hamstringů během aktivní extenze kolenního kloubu vyvíjí opačný točivý moment na tibií než m. quadriceps femoris a napomáhají tak LCA při udržení stability. V rámci stabilizace kolene tak hamstringy a LCA fungují jako agonisté, kdy při pohybu zabraňují anteriornímu posunu tibie vůči femuru.

Holloway (2000) však zmiňuje, že k této spolupráci dochází pouze za předpokladu, že jsou hamstringy ideálně zapojeny do stabilizačních vzorců. Zároveň také uvádí rozdílnost mezi pohlavími, kdy ženy zapojují více m. quadriceps femoris oproti hamstringům. V rámci provedení pohybu se ženy také více spoléhají na pasivní stabilizátory a mají tendence k hyperextenzi v kolenním kloubu. K podobným závěrům došel i Silvers (2009), který ve své studii měřil reakční dobu zapojení dynamických stabilizátorů kolenního kloubu. Výrazné změny byly právě v zapojení hamstringů, které se aktivovaly u žen v průměru po 250 ms, u mužů to bylo o 50 ms rychleji. Tato lepší koaktivace a stabilizační vzorec hamstringů u mužů je významným ochranným faktorem LCA a potvrzuje tak výsledky studie Rozzi et al. (1999), kteří uvádějí, že mechanismus poranění kolenního kloubu je u sportujících mužů oproti ženám typicky kontaktní.

K narušení dynamické stability kolenního kloubu také výrazným způsobem přispívá únava. Small et al. (2010) uvádí, že k poranění LCA nejčastěji dochází v pozdějších fázích sportovního výkonu. Riziko nekontaktního poranění LCA se zvyšuje s narůstající únavou. Zejména při provádění rychlých a neplánovaných pohybů dochází k opožděnému zapojení hamstringů a také ke zvýšení anteriorního pohybu tibie vůči femuru.

K porovnání svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu se využívá poměru jejich maximálních momentů sil při koncentrické práci – tzv. H/Q poměru. Většina autorů se shoduje, že poměr menší než 0,6 představuje významné riziko poranění. Čím menší je tento poměr, tím více jsou přetěžovány intraartikulární struktury, tím více je narušena schopnost nastavení optimální pozice kloubu a dochází tak ke změně biomechaniky pohybu v kolenním kloubu. Hodnota H/Q poměru 1 potom značí ideální koaktivaci obou svalových skupin a riziko poškození zejména předního křížového vazy se snižuje (Ayala et al., 2012).

Nevýhodou poměru H/Q je, že hodnotí aktivaci obou svalových skupin, která se současně fyziologicky nevyskytuje. Proto byl zaveden tzv. funkční poměr H/Q, který porovnává hodnoty při koncentrické kontrakci m. quadriceps femoris s excentrickou kontrakcí hamstringů. Poměr H/Q nám tedy ukazuje na případnou svalovou dysbalanci, zatímco funkční poměr H/Q vyjadřuje schopnost hamstringů brzdit pohyb, který provádí m. quadriceps femoris (Forbes et al., 2009).

Riziko zranění kolenního kloubu se zvyšuje i při svalové dysbalanci v porovnání levé a pravé dolní končetiny. Myer et al. (2004) uvádí zvýšené riziko poranění při rozdílu obou dolních končetin přesahující 15 %, kdy je slabší strana vystavena vyššímu zatížení.

2.5 Hodnocení neuromuskulární kontroly kolenního kloubu

Pro hodnocení neuromuskulární kontroly kolenního kloubu existuje hned několik způsobů. Tato práce využívá hodnocení pomocí vertikálních skoků. Výskoky na místě ve svém provedení obsahují typický pružinový mechanismus dolních končetin, který závisí na efektivitě cyklu natažení a zkrácení svalu (SSC). Během tohoto pohybu, ale například i při běhání, se vytváří energie, která působí na podložku, kde dojde k její absorpci a vrácení se zpět ve formě elastické energie (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016).

SSC je charakterizován preaktivační fází, rychlou excentrickou kontrakcí a náhlou změnou na kontrakci koncentrickou. Efektivita SSC cyklu je tedy závislá na času přechodu z jedné fáze do druhé, kdy dojde k účinnějšímu zpětnému využití absorbované energie (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016).

Čoh et al. (2016) uvádí, že koncentrická kontrakce po předešlé kontrakci excentrické vede k výrazně lepšímu výkonu svalu. V rámci SSC tedy dojde k silnějšímu svalovému stahu než při samotné koncentrické kontrakci. Během protažení svalu při jeho excentrické kontrakci dochází k absorpci a dočasnému uložení energie, která je následně využita při koncentrické práci tohoto svalu. Pro ideální využití této elastické energie je nutná co nejkratší změna mezi fází excentrickou a koncentrickou. Takto nakumulovaná elastická energie se dá využít pouze po dobu 15-120 ms.

Podle doby kontaktu s podložkou se rozlišují dva typy SSC. Rychlý typ SSC, kdy je tato doba do 250 ms, zároveň dochází k malým rozsahům pohybu v kyčelních, kolenních a hlezenních kloubech. Pomalý SSC, kdy je naopak více než 250 ms. V rámci pomalého SSC je možno dosáhnout větší síly, jelikož roste rozsah i délka svalové kontrakce. Naopak při svalové práci s rychlým SSC dochází k vyšší úrovni nervového dráždění v důsledku nahromadění elastické energie. Rychlý SSC také produkuje větší moment síly (Radnor et al., 2018).

Z výše uvedeného vyplývá, že SSC hraje velkou roli ve fyzickém výkonu, zejména při skocích, sprintech a vytrvalostních sportech (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016). Efektivitu SSC je možné objektivizovat pomocí tuhosti dolních končetin a reaktivního silového indexu.

2.5.1 Tuhost dolních končetin

Lidské tělo má díky šlachově svalovému aparátu schopnost absorbovat a znovu uvolňovat energii v rámci provádění výskoků či cyklických pohybů během lokomoce. Je tak pro mechanické zjednodušení provádění těchto pohybů přirovnáváno k modelu pružiny. Tuhost dolních končetin je v tomto modelu definována jako poměr maximální reaktivní síly vyvinuté na podložku k maximální kompresi dolních končetin (DKK) v polovině stojné fáze (Hobara et al., 2010). Výsledná LS narůstá se zvýšením výšky výskoků či zvýšením jejich frekvence. Výsledek je tedy poměrně silně závislý na pokynu provedení.

Watsford et al. (2010) uvádí dostatečnou úroveň tuhosti dolních končetin jako významný protektivní faktor poranění muskuloskeletárních struktur. V souvislosti s poškozením jednotlivých struktur jsou vysoké hodnoty LS spojovány s rizikem poškození kostí, naopak nízké hodnoty LS souvisejí s rizikem poranění měkkých struktur.

Tuhost dolních končetin můžeme rozdělit na aktivní a pasivní. Pasivní struktury kolenního kloubu zajišťují jeho stabilitu a zabraňují tak anteriornímu posunu tibie vůči femuru pouze při nízkém zatížení. Klíčová pro stabilitu kolenního kloubu je tedy aktivní LS. Představuje schopnost člověka vytvořit takovou sílu, která odolá deformačním silám působícím na kolenní kloub během pohybu, zejména pak v rychlých přechodech mezi koncentrickou a excentrickou fází (Padua et al., 2006). Vyšší hodnota LS představuje schopnost rychlejšího ukládání elastické energie i jejího využití. To následně umožňuje rychlejší vykonání pohybu, např. výskoku, sprintu nebo odrazu. Hughes a Watkins (2006) uvádí, že zvýšení aktivní LS výrazně snižuje zatížení přenášené na pasivní struktury kolenního kloubu, zejména pak LCA.

LS je ovlivňována tuhostí jednotlivých kloubů dolních končetin. Farley a Morgenroth (1999) ve své studii prokázali, že výsledná LS je během submaximálního vertikálního skoku ovlivněna zejména tuhostí hlezenních kloubů. V případě maximálních vertikálních skoků se však většina autorů shoduje, že výsledná LS je ovlivněna tuhostí kolenního kloubu daleko více než tuhostí hlezenních a kyčelních kloubů. Tuhost kolenního kloubu lze tedy považovat za určující faktor LS v průběhu maximálního skoku (Arampatzis, Brüggemann, & Klapsing, 2001; Hobara et al., 2009).

Tuhost jednotlivých kloubů dolních končetin je determinována elastickými vlastnostmi příslušných svalů. Farley a Morgenroth (1999) uvádí, že na tuhost hlezenního

kloubu mají vliv především plantární flexory. Kolenní kloub je klíčový pro regulaci výkonu během doskoku, kdy největší vliv má při tomto pohybu zejména excentrická práce extenzorů kolene. Zároveň má kolenní kloub vliv i na výšku výskoku, kdy mu větší rozsah pohybu poskytuje možnost vyprodukovat více energie působením mechanické síly extenzorů. Optimální funkce extenzorů kolene tedy může tímto způsobem výrazně přispět ke zlepšení výkonu.

V porovnání svalů v oblasti kotníku a kyčle mají svaly v oblasti kolene morfologicky delší svalová vlákna, větší příčný průřez i větší objem, což jsou faktory, které mají zásadní vliv na vyvinutí větší síly během maximálních skoků. Tuhost v oblasti kolenního kloubu tak podmiňuje LS dolních končetin při maximálních skocích, běhu či sprintu (Hobara et al., 2009). Héber-Losier a Eriksson (2014) však uvádí, že žádná studie nepotvrdila spojitost LS pouze s konkrétním kloubem a její hodnoty by se tak měly vztahovat k dolní končetině jako celku.

Tuhost dolních končetin je ovlivněna i frekvencí skoků. Při vyšších frekvencích dochází ke zkrácení času kontaktu s podložkou a k navýšení doby letové fáze. Se zvyšující se frekvencí skoků tak roste i LS. Lloyd et al. (2012) udává frekvenci 2,5 Hz jako neoptimálnější pro testování LS. Při této frekvenci je prováděný pohyb nejvíce podobný pružinovému modelu. Studie Hobara et al. (2010) a Kuitunen et al. (2011) shodně uvádí, že se zvýšením frekvence skoků se současně zvyšuje tuhost kolenního a kyčelního kloubu, naopak tuhost hlezenního kloubu zůstává neměnná.

Pro měření tuhosti dolních končetin je využíváno několika metod. Je tedy důležité, aby výsledné hodnoty LS byly podloženy detailním popisem metody, kterou byly vyhodnocovány. Využívají se převážně dynamické pohybové úkony jako jsou běh či skoky, které simulují pružinový model. Měření většinou probíhá v laboratorních podmínkách pomocí silových plošin s využitím testů maximální a submaximální intenzity zátěže pro testování mechanické tuhosti. Řadí se sem tuhost dolních končetin, tuhost kloubů a vertikální tuhost. Pro měření LS při submaximální intenzitě skoků je nejčastěji využíváno 20 skoků s frekvencí 2,5 Hz. Výsledné hodnoty jsou prezentovány buď ve formě absolutní tuhosti (ALS), či po jejich poměrnému převedení k hmotnosti a k délce DKK jedince jako relativní tuhost (RLS). Laffaye, Choukou a Padulo (2016) uvádí, že ALS se zvyšuje s věkem, zatímco u RLS se věkové rozdíly stírají.

Samotné provedení a verbální instrukce výrazně ovlivňují výsledné hodnoty LS. Tomuto se ve své studii věnovali Hobara, Kanosue a Suzuki (2007), kteří porovnávali výsledné hodnoty LS mezi dvěma skupinami probandů. Provedení samotného testu bylo u obou skupin totožné s tím rozdílem, že jedna skupina byla navíc instruována k co nejkratšímu možnému kontaktnímu času s podložkou. U této skupiny byly naměřené hodnoty LS daleko vyšší.

Z výše uvedeného vyplývá, že porozumění hodnotám LS může přispět k zefektivnění tréninkových metod a programů pro prevenci zranění. Ve sportovním prostředí má LS tedy nejen protektivní vliv, ale výrazně může ovlivnit i samotný výkon sportovce. Vyšší tuhost svalů má schopnost mírnit síly, které destruktivně působí na měkké tkáně a chrání tak pasivní struktury, aby nesly plnou zodpovědnost za stabilitu kolenního kloubu (Hobara et al., 2012).

Sportovci dosahují oproti netrénovaným jedincům výrazně vyšších hodnot LS. Co se týče porovnání sportovců, tak sprinteři a silově zaměřeni jedinci mají daleko vyšší LS než sportovci vytrvalostního charakteru. Hobara et al. (2008) uvádí, že silově zaměřeni sportovci vykazovali kratší kontaktní časy s podložkou a skákali výše, měli tedy delší časy letu. Zároveň mají tito sportovci vyšší tuhost aponeurózy i šlachy m. triceps surae. Vytrvalostní sportovci naopak vykazovali vyšší aktivitu měřených svalů dolních končetin na EMG. Současně mají větší podíl červených vláken (typ I, slow oxidative) a bylo dokázáno, že tato vlákna mají větší dynamickou tuhost než bílá svalová vlákna (typ II B, fast glycolytic) (Hobara & Kimura, 2010). Čistě podle těchto informací by tak měli vyšších hodnot LS dosahovat vytrvalostně zaměřeni sportovci. Hobara et al. (2008) tak uvádí, že než vlivem svalů, jsou hodnoty LS více ovlivněny vnitřní tuhostí aponeuróz a šlach.

2.5.2 Reaktivní silový index

Schopnost vyvinout maximální sílu v co nejkratším čase je v ragby, ale i v mnoha dalších sportech velmi důležitá. Reaktivní síla je schopnost svalu vytvořit optimální silový impuls v rámci jeho jednoho cyklu natažení – zkrácení (SSC). Mezi jednotlivým natažením a zkrácením svalu dochází ke krátké amortizační fázi, kdy se ve svalu nahromadí elastické energie a do 200–250 ms následuje fáze maximálního zrychlení těla ve směru prováděného reaktivního pohybu. Elastická energie nahromaděná

při protažení svalu je tedy následně využita při jeho kontrakci. Uplatnění této síly je především při rychlých změnách směru bezprostředně po kontaktu s podložkou, odhodových a odrazových pohybech (Lehnert et al., 2010).

Jednou z možností hodnocení SSC je výpočet reaktivního silového indexu. Jde o poměr výšky výskoku (m) a doby kontaktu s podložkou (s), tedy poměr letové fáze k fázi kontaktu. Hodnota RSI tedy roste s výškou výskoku a zkrácením doby kontaktu s podložkou (McMahon, Lake, & Comfort, 2018).

Nízké hodnoty RSI jsou úzce spojeny se sníženou funkcí SSC a tím i vypovídají o míře rizika případného zranění kolenního kloubu (Toumi et al., 2006). Raschner et al. (2012) ve své 10leté studii prováděné u profesionálních sjezdových lyžařů uvádí nízké hodnoty RSI jako jeden z významných ukazatelů rizika zranění LCA. K podobným výsledkům došli i Müller et al. (2017), kdy sportovci s vyšším RSI, kteří se studie účastnili, měli méně absencí na trénincích a závodech z důvodu zranění v oblasti kolenního kloubu.

Dříve se pro měření RSI využívaly drahé laboratorní přístroje, jednalo se však o velmi finančně i časově náročný způsob měření. Dnes již existují alternativní metody měření s vysokou reliabilitou a jednoduchým zpracováním naměřených dat. Pro výpočet RSI se v dnešní době nejčastěji využívá optických snímačů a kontaktních podložek, ze kterých je možné vyhodnotit dobu letové a kontaktní fáze a následně i výšku skoku (Lloyd et al., 2009).

Samotné provedení testu nemá jasně určené provedení, a tudíž se v různých studiích objevují odlišné modifikace pro zjištění hodnoty RSI. Fitzpatrick et al. (2019) ve své studii vypočítali hodnotu RSI po seskoku z bedny (drop jump). Častější jsou ovšem skoky na místě prováděné s maximální intenzitou. I zde se však frekvence skoků a samotný způsob provedení u různých autorů liší. Lloyd et al. (2015) ve své studii využili pět maximálních skoků. Delleau et al. (2004) uvádí deset maximálních skoků se snahou udržet co nejmenší flexi v kolenou při dopadu a ruce v bok či skoky snožmo s rukama v bok po dobu 10 s s udržením frekvence skoků v rozmezí od 1,8 do 4 Hz s využitím elektronického metronomu.

Hodnota RSI je determinující pro výbušnost, tedy schopnost vyvinout maximální sílu za co nejkratší čas. RSI se také využívá pro hodnocení efektivity SSC. Čas kontaktu s podložkou je v rámci RSI také určující pro stanovení typu SSC. U pomalého typu SSC

je tento čas delší. Jedná se například o maximální skok, kdy je zapotřebí pro maximální výšku skoku vyvinout maximální sílu, což je delším kontaktem s podložkou podpořeno. Naopak rychlého typu SSC je přednostně využito například u sprintů, kdy je zapotřebí, co nejkratšího kontaktního času s podložkou (Laffaye et al., 2016).

Podobně jako u LS je i pro měření RSI důležitá samotná instruktáž, která může výrazně ovlivnit jednotlivé hodnoty. Pokud by bylo měření zaměřeno pouze na jednu hodnotu a v rámci instruktáže by byla upřednostněna jedna z hodnot, musí se brát na vědomí, že k jejímu zlepšení může dojít na úkor druhé hodnoty (Delleau et al., 2004). Flanagan, Eamonn a Commyns (2008) uvádí, že pokud je testovaný instruován, aby skákal ještě výše, může dojít ke zlepšení výšky výskoku, ale s největší pravděpodobností se současně prodlouží i čas kontaktu s podložkou. Krátké časy kontaktu s podložkou jsou charakteristické schopností sportovce doskočit pouze na špičky se zpevněnými dolními končetinami a minimální flexí v kolenou a kyčlích. Naopak delší kontaktní časy můžeme sledovat u sportovců, kteří při doskoku dopadnou celou plochou nohy včetně paty.

RSI lze také využít pro hodnocení plyometrických cvičení, která jsou často využívána pro zlepšení sportovce v rámci SSC. Toto hodnocení je možné například porovnáním hodnot RSI v závislosti na výšce seskoku z bedny. Pokud není sportovec dostatečně trénovaný a je v rámci plyometrických cvičení zvolena přílišná výška pro seskok, může dojít k poranění. Síla potřebná k překonání excentrického zatížení a následného přenosu na koncentrickou fázi by v tomto případě byla na hranici poškození šlacho-svalového komplexu. Zároveň dojde k aktivaci Golgiho tělíska, které kontrakci inhibuje. Této hranice je u trénovaných sportovců dosaženo při seskoku z 50 cm výšky (Flanagan, Eamonn, & Commyns, 2008). Raschner et al. (2012) považuje za důležité toto testování provádět před sezónou, ale i během ní. Na povrch tak vyjdou možné predispozice sportovců ke zranění, kterým se dá včasnou individuální úpravou tréninkového a zápasového zatížení předejít.

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl

Cílem práce bylo identifikovat potenciální pohlavní rozdíly ve vybraných neuromuskulárních indikátorech (ALS, RLS a RSI) rizika zranění kolenního kloubu u dospělých hráčů ragby.

3.2 Hypotéza

Dospělé hráčky ragby dosahují nižších hodnot ALS, RLS i RSI než dospělí hráči ragby.

3.3 Výzkumná otázka

Liší se hodnoty sledovaných neuromuskulárních indikátorů mezi dospělými hráči a hráčkami ragby?

4 METODIKA

Tato diplomová práce je součástí projektu IGA_FTK_2021_008 Vliv programu KneeRugbyWomen na indikátory rizika zranění kolenního kloubu u ragbistek starších 15 let. V rámci tohoto projektu byl hodnocen reaktivní silový index pomocí testu pěti opakovaných submaximálních vertikálních skoků, tuhost dolních končetin prostřednictvím dvaceti opakovaných submaximálních skoků, míra valgozity kolene a flexe kolenního kloubu pomocí vertikálního výskoku jednož s protipohybem (Single Leg Countermovement Jump) a rychlost se změnou směru pohybu pomocí 505 agility testu.

Projekt byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod číslem 23/2021 (Příloha č. 1). Všichni účastníci či jejich zákonní zástupci byli před zahájením výzkumu seznámeni s cíli i metodikou studie a souhlasili s účastí ve výzkumu i s použitím získaných dat pro výzkumné účely. Účastníci výzkumu také podepsali informovaný souhlas (Příloha č. 2) s účastí na výzkumu a využití získaných dat pro vědecké účely.

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumu se zúčastnilo 10 amatérských hráčů a 10 amatérských hráček sedmičkového ragby české ragbyové ligy starších 18 let. Horní věková hranice nebyla určena, musela však být dodržena podmínka účasti hráče/hráčky v dospělých soutěžích. Pro zařazení do výzkumu musely být splněny následující podmínky:

- Pravidelná účast (tj. dle klubem stanoveného rozpisu tréninků) na organizované sportovní činnosti s absencí nižší než 20 %.
- V posledních šesti měsících absence vážného zranění stehna nebo kolenního kloubu vyřazujícího z tréninkového procesu na více jak 3 týdny.
- Absence závislosti na alkoholu a drogách.
- Aktuálně dobrý zdravotní stav dle vyšetřovací zprávy sportovního lékaře.

Základní charakteristika výzkumného souboru v závislosti na pohlaví je uvedena v Tabulce 1.

Tabulka 1 Charakteristika hráčů (n=10) a hráček (n=10)

Parametr	Muži			Ženy		
	M ± SD	Min	Max	M±SD	Min	Max
Věk (roky)	24 ± 2,7	19	28,5	24,2 ± 3,1	18,9	28,4
Výška (cm)	180,8 ± 5	171	190	167,8 ± 6,4	155	176
Hmotnost (kg)	82,3 ± 9,8	72,7	103	69,2 ± 7,7	58,7	79
Délka DKK (cm)	85,8 ± 3,8	79	93	82,4 ± 4,9	73	90,5

Vysvětlivky: M – průměr; SD – směrodatná odchylka; Min – minimum, Max – maximum; DKK – dolní končetiny.

4.2 Metodika sběru dat

Před započítáním testu byla zjišťována tělesná hmotnost pomocí InBody770 (MedSystem, Česká republika) a tělesná výška ve stoji a sedu, měřená pomocí stadiometru A-226 (Trystom, Česká republika).

Před testováním proběhlo adekvátní rozcvičení, shodné pro všechny účastníky výzkumu, které obsahovalo rušnou a mobilizační část i dynamické protažení. Následovalo hodnocení jednotlivých indikátorů rizika zranění pomocí testu tuhosti dolních končetin (test 20 submaximálních vertikálních skoků, Optojump Next, Microgate, Itálie) a RSI (test pěti maximálních opakovaných vertikálních skoků, Optojump Next, microgate, Itálie).

4.3 Postup měření

4.3.1 Test opakovaných submaximálních vertikálních skoků

Testem dvaceti submaximálních vertikálních skoků jsou získány parametry potřebné ke stanovení absolutní a relativní tuhosti dolních končetin (Lloyd et al., 2009). Testovaný jedinec měl na sobě v průběhu měření sportovní obuv. Počáteční poloha je stoj rozkročný s váhou rovnoměrně rozloženou na obě dolní končetiny. Dále byl proband instruován, aby skákal na jednom místě do natažených nohou s co nejmenší flexí v kolenou, s pohledem na fixní bod zajišťující větší stabilitu, a aby po celou dobu držel ruce v bok z důvodu minimálního ovlivnění pohybu horní polovinou těla. Pokyny „Připrav se.“ a „Můžeš.“ byl následně vyzván k provedení 20 opakovaných skoků o submaximální intenzitě s cílem udržet frekvenci 2,5 Hz. Tato frekvence byla udržována mechanickým metronomem Wittner (GmbH & Co. KG, Isny, Německo) a umožnila tak zobrazit typické chování pružinového modelu.

Test se skládá ze tří pokusů, mezi kterými je vždy 2 minuty odpočinek. Pro výpočet byla použita střední hodnota z pokusů. Tuhost dolních končetin (kN/m) se vypočítá z parametrů tělesné hmotnosti (kg), doby letu (ms) a doby kontaktu (ms) získané z průměru z 6. až 15. skoku testu. Hodnoty absolutní tuhosti dolních končetin byly vypočítány podle Dalleau, Belli, Viale, Lacour a Bourdin (2004) pomocí vzorce:

$$K_N = \frac{[M * \pi(T_f + T_c)]}{T_c^2 * \left[\left(T_f + \frac{T_c}{\pi}\right) - \left(\frac{T_c}{4}\right)\right]}$$

Vysvětlivky: M – tělesná hmotnost, T_c – doba kontaktu (ms), T_f – doba letu (ms), π - matematická konstanta

Hodnoty relativní tuhosti dolních končetin byly normalizovány podle hmotnosti a délky DKK každého jedince, která byla vypočtena jako rozdíl mezi tělesnou výškou ve stoji a sedu (De Ste Croix, Hugher, Lloyd, Oliver, & Read, 2017; Lloyd et al., 2009). Lloyd et al. (2009) a Dalleau (2004) určili takto provedený test za validní i reliabilní s korelačním koeficientem $r_p = 0,93$.

4.3.2 Test opakovaných vertikálních skoků

Testem pěti maximálních opakovaných vertikálních skoků byly naměřeny potřebné parametry pro výpočet RSI podle Flanagan a Comyns (2008). Počáteční poloha i instrukce k provedení testu byly stejné jako u testu 20 submaximálních vertikálních skoků. Úkolem navíc bylo minimalizovat kontaktní čas s podložkou, ale zároveň skákat co nejvýše. Probandi provedli tři pokusy, mezi kterými měli dvě minuty pauzu.

RSI (m/s) představuje poměr výšky výskoku (mm) a doby kontaktu se zemí (ms), což ukazuje mimo jiné na odrazové schopnosti jedince. V každém pokusu slouží první skok jako impuls pro další skoky a byl z výpočtu odstraněn. Z následujících čtyř skoků byl vypočítán aritmetický průměr. Pro výpočet byl použit pokus s nejvyšším průměrem. RSI sleduje změny během plyometrických cvičení při přechodu z excentrické na koncentrickou svalovou činnost a byl určen jako potenciační indikátor rizika zranění při poranění předního zkříženého vazy. Reaktivní silový index byl vypočten jako poměr výšky skoku (h , m) a doby kontaktu (T_c , s) (Flanagan & Comyns, 2008). Autoři Flanagan a Comyns (2008), Lloyd et al. (2009) a Raschner et al. (2012) tuto metodu považují za validní a reliabilní.

4.4 Statistická analýza dat

Naměřená data byla statisticky analyzována pomocí softwaru Statistica 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Normalita rozložení dat byla ověřena pomocí testu Kolmogorov-Smirnov. Pro každé měření bylo užito základní popisné statistiky s využitím průměrů a směrodatných odchylek. Statistická významnost byla určena na hladině $\alpha = 0,05$. Porovnání výsledků obou skupin proběhlo pomocí Wilcoxonova párového testu.

5 VÝSLEDKY

Hráčky ragby dosáhly nižších průměrných hodnot ve všech sledovaných parametrech oproti mužům. Wilcoxonův párový test prokázal statisticky významný rozdíl hodnot u absolutní tuhosti dolních končetin ve prospěch mužů oproti ženám ($Z = 2,39$; $p = 0,017$), zatímco u relativní tuhosti dolních končetin ($Z = 1,38$; $p = 0,168$) ani u reaktivního silového indexu ($Z = 1,17$; $p = 0,241$) byly tyto rozdíly hodnot statisticky nevýznamné. Výsledky měření jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2 Výsledné hodnoty ALS, RLS a RSI

Parametr	Pohlaví	M ± SD	Min	Max
ALS	Ženy	30,2 ± 5,95	20,9	40,9
	Muži	37,1 ± 6,85	29,5	51,7
RLS	Ženy	36,7 ± 6,76	28,3	47,4
	Muži	39,6 ± 6,83	31,9	52,7
RSI	Ženy	0,71 ± 0,25	0,33	1,26
	Muži	0,87 ± 0,4	0,12	1,38

Vysvětlivky: ALS – absolutní tuhost dolních končetin; RLS – relativní tuhost dolních končetin; RSI – reaktivní silový index; M – průměr; SD – směrodatná odchylka; Min-minimum, Max – maximum.

6 DISKUZE

Diplomová práce hodnotila u hráčů a hráček ragby starších 18 let parametry neuromuskulárního řízení, a to ALS, RLS a RSI. Tyto parametry byly hodnoceny pomocí vertikálních skoků, které ve svém provedení obsahují typický pružinový mechanismus dolních končetin. Ten závisí na efektivitě cyklu natažení a zkrácení svalu (SSC). Hodnoty neuromuskulárních indikátorů nám tedy ukazují kvalitu SSC a jsou tak považovány za indikátory rizika poranění kolenního kloubu. U měřených parametrů byly hodnoceny rozdíly jejich hodnot mezi oběma pohlavími.

Naměřené výsledky LS potvrdily hypotézu této studie a korespondují se současnými poznatky, kdy muži dosáhli průměrně vyšších hodnot ve všech sledovaných parametrech. Signifikantní rozdíl mezi pohlavími byl však naměřen pouze u hodnot ALS ($p = 0,017$). U RLS muži sice dosáhli vyšších hodnot, ale tento rozdíl nebyl vyhodnocen jako signifikantní RLS ($p = 0,168$).

Co se týče hodnot LS, tak muži dosáhli průměrně hodnoty ALS $37,1 \pm 6,9$ a RLS $39,6 \pm 6,8$. Podobné hodnoty ve své disertační práci, která hodnotila ALS u 36 ragbistů ve věku 20 let, uvádí Jeffreys (2013), kdy průměrnou hodnotu bylo 34,9.

Obdobně zaměřenou studii jako je tato, provedli Padua et al. (2005), kteří zkoumali rozdíly LS mezi muži a ženami. Studie se zúčastnilo 11 dospělých mužů a 10 dospělých žen, kteří se rekreačně věnují basketbalu, volejbalu či fotbalu. Žádný z účastníků v minulosti neměl vážné poranění v oblasti kolene. Samotné testování proběhlo za podobných podmínek jako v této diplomové práci, tedy pomocí opakovaných submaximálních vertikálních skoků na jednom místě s rukama v bok a frekvencí 2,5 Hz. Muži dosahovali o 18 % vyšších hodnot ALS. Ve srovnání s hodnotami ALS zjištěnými v této práci dosahovali muži vyšších hodnot o 23 %. Po převedení na RLS se však rozdíl v naměřených hodnotách mezi pohlavími vyrovnal, což koresponduje i s výsledky této diplomové práce. Tato studie také sledovala aktivitu jednotlivých svalových skupin v průběhu testu, kdy muži i ženy dosahovali podobných hodnot aktivace hamstringů. Signifikantní rozdíl mezi pohlavími byl však prokázán u nárustu aktivace kvadricepsu, kdy u žen byl tento nárůst v průměru o 46 % vyšší než u mužů. Došlo tak k výraznému snížení hodnoty H/Q poměru, které představuje vyšší riziko poranění kolenního kloubu u žen.

Rozdíly v LS mezi profesionálními hráči a hráčkami týmových sportů (ragby, fotbal, volejbal, basketbal) se také zabýval Ward et al. (2019), který uvádí o 24 % vyšší naměřené hodnoty ALS u hráčů v porovnání s hráčkami. Zároveň však dodává, že po převedení hodnot ALS na RLS došlo k vymizení těchto rozdílů. K podobným výsledkům, kdy byly naměřené hodnoty ALS o 23 % vyšší ve prospěch mužů, došel i Hughes a Watkins (2008).

Rozdíly mezi pohlavími v LS dolních končetin v závislosti na měnících se podmínkách se zabývala studie Demirbüken et al. (2009). Hodnocení probíhalo pomocí testu opakovaných submaximálních vertikálních skoků ve dvou způsobech provedení. Nejprve si probandi zvolili jimi preferovanou frekvenci skoků, která byla v průměru celého testovaného souboru 2,2 Hz. Zde muži dosahovali v porovnání s ženami výrazně vyšších hodnot LS. Ve druhém způsobu provedení měli probandi skákat co nejrychleji. Frekvence skoků v tomto provedení dosahovala průměrně 4,2 Hz, kdy muži i ženy dosahovali podobných hodnot a při tomto způsobu provedení došlo k výraznému snížení rozdílu ve výsledné LS. Dále tato studie testovala hodnoty LS s přidanou zátěží, která činila 10 % hmotnosti daného jedince, a i v tomto případě dosahovali vyšších hodnot muži.

Pohlavními rozdíly v LS u dospělých se při různých frekvencích zabývala i studie Hobara et al. (2012), která porovnávala 10 mužů a 10 žen se sedavým zaměstnáním, kteří nemají pravidelnou pohybovou aktivitu. Testování probíhalo naboso na silové plošině při předem zvolených frekvencích 2,0, 2,5 a 3,0 Hz. Autoři uvádí toto rozpětí frekvencí skoků při testování LS jako nejvyšší možné, kdy u frekvencí pod 2 Hz přestává fungování dolní končetiny odpovídat modelu pružiny a při vyšších frekvencích než 3 Hz nejsou probandi schopni udržet konstantní frekvenci skoků. I tato studie potvrdila vyšší hodnoty LS u mužů, a to u všech tří frekvencí.

Studie Granata, Padua a Wilson (2002) se zaměřila na porovnání hodnot LS u 15 mužů a 15 žen ve věkovém rozpětí 21–31 let. Testování proběhlo naboso na silové plošině pomocí 30 vertikálních skoků, a to při individuálně preferované frekvenci a frekvenci 2,5 a 3,0 Hz. Signifikantně vyšších hodnot dosahovali muži ($33,9 \pm 8,7$ kN/m) oproti ženám ($26,3 \pm 6,5$ kN/m), a to ve všech měřených frekvencích. Při preferované frekvenci skoků se muži i ženy pohybovali v podobných hodnotách ($2,34 \pm 0,22$ Hz), což koresponduje

s výsledky Demirbüken et al. (2009), kde hodnoty preferované frekvence skoků byly 2,2 Hz.

Rozsáhlou studii, která hodnotila mimo jiné i hodnoty LS mezi pohlavími v průběhu dospívání, provedli Laffaye et al. (2016). Studie se zúčastnilo 148 chlapců a 147 dívek ve věku od 11 do 20 let, kteří byli rozděleni do skupin podle věku: 11-12, 13-14, 15-16, 17-18 a 19-20. Tito autoři uvádí jako zlomový věk 11 let, od kdy jsou děti schopny provádět komplexní mezisvalovou koordinaci dolních končetin. Uvádí, že od tohoto věku lze LS smysluplně měřit a až do období dospělosti dochází k postupnému nárůstu jejích hodnot. Chlapci ve věkové kategorii 11-12 let dosahovali průměrných hodnot LS $24,7 \pm 10,6$ kN/m. Ve věkové kategorii 15-16 let došlo k navýšení těchto hodnot na $32,7 \pm 13,4$ kN/m a ve věkové kategorii 19-20 let dosahovali chlapci $44,1 \pm 14$ kN/m. Co se týče dívek, dosahovaly ve věkové kategorii 11-12 let mírně vyšších hodnot než chlapci, a to $26,6 \pm 9$ kN/m. Ve věkové kategorii 15-16 let dosahovali dívky $30,8 \pm 10,3$ kN/m. Následně ve věku mezi 16-18 rokem dochází k paradoxnímu snížení hodnot LS u dívek, které autoři přisuzují procentuálnímu zvýšení tělesného tuku v tomto věku. V kategorii 19-20 let dívky dosahovali hodnot $39,4 \pm 10,9$ kN/m. K podobným závěrům došel ve své studii i Korff et al. (2009) i Lehnert et al. (2020). Ve srovnání se zjištěními této práce se výsledky shodují jen částečně. Muži dosahovali průměrných hodnot $37,1 \pm 6,85$, což je méně než u hodnot obou pohlaví ve studii Laffaye et al. (2016) ve věkové kategorii 19-20 let. Ve srovnání s hodnotami nižších věkových kategorií je však stoupající tendence hodnot ALS zachována. Co se týče srovnání výsledků žen, tak hodnoty naměřené v této práci ($30,2 \pm 5,95$) odpovídají dívčí věkové kategorii 15-16 let.

Odehnalová (2021) se ve své diplomové práci zaměřila na pohlavní rozdíly v neuromuskulárních indikátorech rizika zranění kolenního kloubu u dospívajících hráčů a hráček týmových sportů kategorií U14 a U16. Průměrné hodnoty ALS uvádí v kategorii U14 u dívek 21,9 a u chlapců 24,6, v kategorii U16 potom u dívek 23,3 a u chlapců 28. Co se týče hodnot RLS, tak v této studii dosahovaly v kategorii U14 dívky 30,7 a chlapci 35,1 a v kategorii U16 dívky 31,4 a chlapci 35,5.

Při porovnání výše zmíněných hodnot s výsledky této diplomové práce, kdy ženy dosahovaly hodnot ALS v průměru 30,2, muži 37,1 a u RLS dosahovaly ženy průměrně 36,7 a muži 39,6, můžeme konstatovat, že toto zvyšování (ALS ženy +38 %, muži +51 %)

do jisté míry koresponduje s tvrzením, které uvádí Laffaye et al. (2016). Ti udávají, že mezi 11 a 20 rokem života by mělo u chlapců i dívek dojít k 50% nárůstu hodnot ALS. Zároveň se potvrdilo tvrzení, že v období okolo 16 let věku dochází ke stagnaci hodnot RLS. Pro větší přehled je sloučení výsledků z těchto dvou prací a zobrazení vývoje hodnot ALS a RLS u mužů a žen uvedeno v Tabulce 3.

Tabulka 3. Hodnoty ALS a RLS u mužů a žen ve věkových kategoriích U14, U16 a 18+ (hodnoty U14 a U16 převzaty a upraveny z Odehnalová (2021))

parametr	Pohlaví	U14	U16	18+
ALS	ženy	21,9	23,3	30,2
	muži	24,6	28	37,1
RLS	ženy	30,7	31,4	36,7
	muži	35,1	35,5	39,6

Vysvětlivky: ALS – absolutní tuhost dolních končetin; RLS – relativní tuhost dolních končetin; U14 – soutěžní kategorie do 14 let; U16 – soutěžní kategorie do 16 let.

Současně je nutné podotknout, že obě studie použily odlišných metod pro výpočet LS. Odehnalová (2021) ve své studii k získání těchto hodnot použila testu prováděného na silové plošině, kdežto tato studie využila optického snímače. Vývoj hodnot ALS i RLS, který vznikl sloučením těchto dvou studií, se však shoduje s hodnotami, které uvádí Laffaye et al. (2016). To potvrzuje tvrzení Lloyda et al. (2009), který obě tyto metody uvádí jako validní a reliabilní.

Výsledky RSI prokázaly vyšší hodnoty u mužů oproti ženám, avšak tento rozdíl nebyl signifikantní ($p=0,241$). Ženy dosahovaly průměrných hodnot $0,71 \pm 0,25$, zatímco muži $0,87 \pm 0,4$, což je rozdíl 22 %. U jednoho muže se vyskytla velmi nízká hodnota RSI (0,12), opakovaným měřením však bylo potvrzeno, že nešlo o chybu. V této diplomové práci jsou v porovnání se současnými poznatky procentuálním vyjádřením hodnoty RSI u mužů oproti ženám souhlasné. Reálné číselné hodnoty však byly naměřeny výrazně nižší, než je tomu v dostupných studiích.

Autoři zabývající se příčinami poranění v oblasti kolenního kloubu, zejména pak LCA, se shodují, že nízké hodnoty RSI mají významný negativní dopad na funkci SSC a jsou tak důležitým rizikovým faktorem pro vznik těchto poranění (Lloyd et al., 2009; Müller et al, 2017). S těmito tvrzeními souhlasí i Raschner et al. (2012), kteří uvádí nízké hodnoty RSI jako jeden z osmi hlavních faktorů ukazujících na riziko poranění LCA.

Tímto tématem se zabývala i studie Wanga et al. (2015), která zkoumala genderové rozdíly v maximálním točivém momentu a LS u dospělých rekreačních sportovců. Studie se zúčastnilo 22 mužů a 22 žen a byl zjištěn významný rozdíl ($p=0,001$) ve prospěch mužů.

Studie Laffaye et al. (2016) uvádí, že od 15 let věku jsou muži oproti ženám schopni vyvinout vyšší úroveň svalové síly za kratší dobu a tento věk je tak prahem genderové diference, od kdy muži v průměru dosahují lepších výsledků při testování SSC. Ke zjištění hodnot RSI byla zvolena stejná metoda jako v této diplomové práci, tedy měření pěti maximálních vertikálních skoků. Průměrné naměřené hodnoty byly ve věkové kategorii 19-20 let u mužů 2,22 m/s a u žen 1,67 m/s. V porovnání s výsledky této diplomové práce byly naměřené hodnoty více než dvojnásobně vyšší. V procentuálním vyjádření se však v porovnání obou výsledků rozdíly stírají, kdy muži ve studii Laffaye et al. (2016) dosahovali v průměru o 27 % lepších výsledků než ženy a v této diplomové práci jsou výsledky mužů vyšší o 18 %. Musíme brát ještě v potaz, že výrazně nejnižší hodnota RSI (0,12) byla naměřena u mužského zástupce, což ve skupině 10 mužů značně sníží celkový průměr.

Vyšších hodnot RSI u mužů v porovnání se ženami uvádí i Ebden, Flanagan a Jensen (2009), kteří však pro výpočet RSI zvolili test výskoku s protipohybem. Studie se zúčastnilo 13 mužů a 10 žen s věkovým průměrem 20,4 let. RSI byla vypočtena jako výška skoku dělená dobou kontaktu. Shodně jako v této diplomové práci nebyl mezi oběma pohlavími signifikantní rozdíl ($p=0,86$), kdy muži dosáhli průměrných hodnot $0,63 \pm 0,2$ a ženy $0,43 \pm 0,16$. Podobné výsledky uvádí i Rubio-Peiretón et al. (2021).

Limitem této studie je nízký vzorek probandů, kdy extrémní naměřené hodnoty mohou významně ovlivnit celkový průměr dané skupiny, jako tomu bylo u hodnoty RSI naměřené u jednoho z probandů (0,12).

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce si kladla za cíl porovnat vybrané neuromuskulární indikátory rizika zranění kolenního kloubu mezi dospělými hráči a hráčkami ragby. Zvolenými indikátory byla absolutní a relativní tuhost dolních končetin a reaktivní silový index. Po zpracování a porovnání výsledků naměřených dat dle Wilcoxonova párového testu lze vyvodit následující závěry.

Jako signifikantní byl zjištěn rozdíl ve prospěch mužů pouze u hodnot ALS. U sledovaných parametrů RLS a RSI muži sice dosáhli vyšších hodnot, ale tento rozdíl statisticky signifikantním shledán nebyl. Naměřené hodnoty ALS a RLS korespondují se současnými poznatky. Hodnoty RSI naměřené v této práci byly v porovnání s výsledky současných studií u mužů i žen nižší, avšak procentuálním vyjádřením těchto hodnot byly souhlasné.

Tato zjištění podporují tvrzení, že kvalita neuromuskulární kontroly v oblasti kolenního kloubu je u žen oproti mužům nižší. Výsledky této práce mohou být zkresleny nízkým počtem probandů. K důvěryhodné interpretaci zmíněných závěrů by bylo žádoucí jejich ověření u početnějšího výzkumného souboru. Ovlivnění modifikovatelných rizikových faktorů by mohlo přispět ke snížení incidence bezkontaktního poranění kolenního kloubu u dospělých jedinců.

8 SOUHRN

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním neuromuskulárních indikátorů rizika zranění kolenního kloubu mezi hráči a hráčkami ragby. Pro hodnocení LS byl použit test 20 submaximálních vertikálních skoků, ze kterého byly získány potřebné parametry pro výpočet ALS. Hodnoty RLS byly potom normalizovány vzhledem ke hmotnosti a délce DKK, která byla vypočtena jako rozdíl v tělesné výšce ve stoji a v sedu daného jedince. Pro výpočet RSI byl využit test pěti maximálních vertikálních skoků. Naměřená data u obou testů byla získána pomocí optického snímače.

První kapitoly teoretické části stručně shrnují současné poznatky z hlediska epidemiologie poranění kolenního kloubu u běžné a zejména u sportující populace. Dále je zde popisována stabilita kolenního kloubu a jednotlivé složky (aktivní a pasivní), které se na ní podílejí. Zmíněny jsou také rizikové faktory poranění kolenního kloubu, mezi které patří generalizovaná hypermobilita, velikost Q-úhlu, zúžení prostoru ve fossa intercondylaris femoris, valgozita dolních končetin a faktory hormonální a neuromuskulární. U těchto faktorů jsou také popsány odlišnosti v závislosti na pohlaví. V závěru teoretické části se práce věnuje hodnocení neuromuskulární kontroly kolenního kloubu, konkrétně pak indikátorům měřeným v části praktické, tedy LS a RSI.

Metodika praktického výzkumu popisuje průběh jednotlivých testů a způsob, jakým byla naměřená data získána. Výzkumný soubor tvořilo 10 hráčů a 10 hráček ragby starších 18 let, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle pohlaví. Horní věková hranice nebyla určena, musela však být dodržena podmínka účasti hráče/hráčky v dospělých soutěžích. Průměrný věk byl u mužů $24 \pm 2,7$ a u žen $24,2 \pm 3,1$. Účastníci této studie také museli být v dobrém zdravotním stavu a bez vážného zranění stehna či kolenního kloubu prodělaného v posledních šesti měsících před testováním. Obě skupiny absolvovaly test 20 submaximálních vertikálních skoků i test pěti maximálních skoků ve stejném provedení.

Hlavním zjištěním práce jsou rozdíly v naměřených hodnotách mezi muži a ženami, kdy ve všech sledovaných parametrech dosahovali muži průměrně vyšších výsledků. V případě ALS dosáhli muži průměrných výsledků $37,1 \pm 6,85$ a ženy $30,2 \pm 5,95$. Naměřené výsledky RLS ukázaly průměrné hodnoty u mužů $39,6 \pm 6,83$ a u žen $36,7 \pm 6,76$. Průměrné hodnoty RSI byly potom v mužské skupině $0,87 \pm 0,4$ a v ženské

0,71 ± 0,25. Po statistické analýze pomocí Wilcoxonova párového testu byl rozdíl mezi oběma pohlavími určen jako signifikantní pouze u hodnot ALS ($p = 0,017$). I přes vyšší naměřené průměrné hodnoty RLS i RSI u mužů tento rozdíl jako signifikantní shledán nebyl ($p = 0,168$ respektive $p = 0,241$).

9 SUMMARY

This diploma thesis deals with the comparison of neuromuscular indicators of the risk of knee injuries between men and female rugby players. A test of 20 submaximal vertical jumps was used to evaluate LS, from which the necessary parameters for ALS calculation were obtained. RLS values were then normalized to the weight and length of the lower limb, which were calculated as the difference in standing and sitting height of the individual. A test of five maximum vertical jumps was used to calculate the RSI. The measured data in both tests were obtained using an optical sensor.

The first chapters of the theoretical part briefly summarize the current knowledge in terms of epidemiology of knee injuries in the general and especially in the sporting population. Furthermore, the stability of the knee joint and the individual components (active and passive) that are involved are described in this part. Risk factors for knee injuries are also mentioned, including generalized hypermobility, Q-angle size, narrowing of the space in the fossa intercondylaris femoris, lower limb valgosity, and hormonal and neuromuscular factors. Gender differences are also described for these factors. At the end of the theoretical part, the work deals with the evaluation of neuromuscular control of the knee joint, specifically the indicators measured in the practical part, which are LS and RSI.

The methodology of practical research describes the course of individual tests and the way in which the measured data were obtained. The research group consisted of 10 male and 10 female rugby players over the age of 18, who were divided into two groups according to the gender. The upper age limit was not set, but the condition of the players participating in adult competitions had to be met. The average age was 24 ± 2.7 for men and 24.2 ± 3.1 for women. Participants in this study also had to be in good health and without serious thigh or knee injuries in the last six months prior to testing. Both groups passed the test of 20 submaximal vertical jumps and the test of five maximum jumps in the same design.

The main findings of the thesis are the differences in the measured values between men and women, while in all monitored parameters men achieved higher average results. In the case of ALS, men achieved average results of 37.1 ± 6.85 and women 30.2 ± 5.95 . The measured RLS results showed average values of 39.6 ± 6.83 for men and 36.7 ± 6.76

for women. The average RSI values were then 0.87 ± 0.4 in the male group and 0.71 ± 0.25 in the female group. After statistical analysis using the Wilcoxon paired test, the difference between the two sexes was determined to be significant only for ALS values ($p = 0.017$). Despite the higher measured average values of RLS and RSI in men, this difference was not found to be significant ($p = 0.168$ and $p = 0.241$, respectively).

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abulhasan, J., & Grey, M. (2017). Anatomy and physiology of knee stability. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2(4), 34. <https://doi.org/10.3390/jfmk2040034>
- Arampatzis, A., Brüggemann, G. P., & Klapsing, G. M. (2001). Leg stiffness and mechanical energetic processes during jumping on a sprung surface. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 923–31. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00011>
- Arendt, E. A., Bershadsky, B., & Agel, J. (2002). Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during the menstrual cycle. *The Journal of Gender-Specific Medicine: JGSM: The Official Journal of the Partnership for Women's Health at Columbia*, 5(2), 19–26.
- Ayala, F., Croix, M. D. S., De Baranda, P. S., & Santonja, F. (2012). Absolute reliability of hamstring to quadriceps strength imbalance ratios calculated using peak torque, joint angle-specific torque and joint ROM-specific torque values. *International Journal of Sports Medicine*, 33(11), 909–916. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1311586>
- Čihák, R. (2011). *Anatomie I*. Praha: Grada.
- Čoh, M., Živković, V., & Žvan, M. (2016). Biodynamic analysis of the vertical jumping. *Research in Physical Education, Sport & Health*, 5(2), 3–10.
- Dallalana, R. J., Brooks, J. H., Kemp, S. P., & Williams, A. M. (2007). The epidemiology of knee injuries in English professional rugby union. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(5), 818–830. <https://doi.org/10.1177/0363546506296738>
- Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J. R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International Journal of Sports Medicine*, 25(3), 170–176. <https://doi.org/10.1055/s-2003-45252>
- Dauty, M., Potiron-Josse, M., & Rochcongar, P. (2003). Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. *Isokinetics and Exercise Science*, 11(3), 139–144. <https://doi.org/10.3233/IES-2003-0140>
- Demirbüken, I., Yurdalan, S. U., Savelberg, H., & Meijer, K. (2009). Gender specific strategies in demanding hopping conditions. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(2), 265–270.

- Dylevský I., Druga, R., & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada.
- Ebben, W. P., Flanagan, E., & Jensen, R. L. (2009). Bilateral facilitation and laterality during the countermovement jump. *Perceptual and Motor Skills*, *108*(1), 251–258. <https://doi.org/10.2466/pms.108.1.251-258>
- Ergün, M., Denerel, H. N., Binnet, M. S., & Ertat, K. A. (2013). Injuries in elite youth football players: A prospective three-year study. *Acta Orthopaedica Traumatologica Turcica*, *47*, 339–346. <https://doi.org/10.3944/AOTT.2013.3177>
- Farley, C. T., & Morgenroth, D. C. (1999). Leg stiffness primarily depends on ankle stiffness during human hopping. *Journal of Biomechanics*, *32*(3), 267–273. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(98\)00170-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(98)00170-5)
- Ferry, T., Bergström, U., Hedström, E. M., Lorentzon, R., & Zeisig, E. (2014). Epidemiology of acute knee injuries seen at the Emergency Department at Umeå University Hospital, Sweden, during 15 years. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *22*(5), 1149–1155. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2555-3>
- Fitzpatrick, J. F., Akenhead, R., Russell, M., Hicks, K. M., & Hayes, P. R. (2019). Sensitivity and reproducibility of a fatigue response in elite youth football players. *Science and Medicine in Football*, *3*(3), 214–220. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1571685>
- Flanagan, E. P., & Comyns, T. M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. *Strength & Conditioning Journal*, *30*(5), 32–38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318187e25b>
- Forbes, H., Sutcliffe, S., Lovell, A., McNaughton, L. R., & Siegler, J. C. (2009). Isokinetic thigh muscle ratios in youth football: Effect of age and dominance. *International Journal of Sports Medicine*, *30*(8), 602–606. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1202337>
- Granata, K. P., Wilson, S. E., & Padua, D. A. (2002b). Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *12*(2), 127–135. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(02\)00003-2](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(02)00003-2)

- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., Demaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Hannafin, J. A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., ... Yu, B. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512–1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Hewett, T. E. (2000). Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 29(5), 313–327. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029050-00003>
- Hébert-Losier, K., & Eriksson, A. (2014). Leg stiffness measures depend on computational method. *Journal of Biomechanics*, 47(1), 115–121. <https://10.1016/j.jbiomech.2013.09.027>
- Hobara, H., Inoue, K., Muraoka, T., Omuro, K., Sakamoto, M., & Kanosue, K. (2010). Leg stiffness adjustment for a range of hopping frequencies in humans. *Journal of Biomechanics*, 43(3), 506–511. <https://10.1016/j.jbiomech.2009.09.040>
- Hobara, H., Kanosue, K., & Suzuki, S. (2007). Changes in muscle activity with increase in leg stiffness during hopping. *Neuroscience Letters*, 418(1), 55–59. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.02.064>
- Hobara, H., Kato, E., Kobayashi, Y., & Ogata, T. (2012). Sex differences in relationship between passive ankle stiffness and leg stiffness during hopping. *Journal of Biomechanics*, 45(16), 2750–2754. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.09.008>
- Hobara, H., Kimura, K., Omuro, K., Gomi, K., Muraoka, T., Sakamoto, M., & Kanosue, K. (2010). Differences in lower extremity stiffness between endurance-trained athletes and untrained subjects. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.08.002>
- Hobara, H., Muraoka, T., Omuro, K., Gomi, K., Sakamoto, M., Inoue, K., & Kanosue, K. (2009). Knee stiffness is a major determinant of leg stiffness during maximal hopping. *Journal of Biomechanics*, 42(11), 1768–1771. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.04.047>

- Holloway, M. (2000). The female hurt. *Scientific American Presents*, 4(3), 32–37.
- Hoteya, K., Kato, Y., Motojima, S., Ingham, S. J., Horaguchi, T., Saito, A., & Tokuhashi, Y. (2011). Association between intercondylar notch narrowing and bilateral anterior cruciate ligament injuries in athletes. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 131(3), 371–376. <https://doi.org/10.1007/s00402-010-1254-5>
- Hughes, G., & Watkins, J. (2006). A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. *Sports Medicine*, 36(5), 411–428. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636050-00004>
- Jeffreys, M. A. (2013). *An investigation into the effect of varying plyometric volume on reactive strength and leg stiffness in collegiate rugby players* (Doctoral dissertation, University of Gloucestershire).
- Johnson, D. (2004). *ACL made simple*. Springer Science & Business Media.
- Kapandji, I. A. (2016). *Physiology of the joints E-Book: Volume 2 Lower Limb*. Elsevier Health Sciences.
- King, D. A., Hume, P. A., Milburn, P., & Gianotti, S. (2009). Rugby league injuries in New Zealand: A review of 8 years of Accident Compensation Corporation injury entitlement claims and costs. *British journal of sports medicine*, 43(8), 595–602. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.061481>
- Kuitunen, S., Ogiso, K., & Komi, P. V. (2011). Leg and joint stiffness in human hopping. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e159–167. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01202.x>
- Lehnert, M., Croix, M. D. S., Svoboda, Z., Elfmark, M., Sikora, O., & Stastny, P. (2020). Gender and age related differences in leg stiffness and reactive strength in adolescent team sports players. *Journal of human kinetics*, 74(1), 119-129. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0020>
- Laffaye, G., Choukou, M. A., Benguigui, N., & Padulo, J. (2016). Age-and gender-related development of stretch shortening cycle during a sub-maximal hopping task. *Biology of Sport*, 33(1), 29–35. <https://doi.org/10.5604/20831862.1180169>
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). Trénink kondice ve sportu. *Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci*.

- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2009). Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *Journal of Sports Sciences*, 27(14), 1565–1573. <https://doi.org/10.1080/02640410903311572>
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2012). Age-related differences in the neural regulation of stretch–shortening cycle activities in male youths during maximal and sub-maximal hopping. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.09.008>
- Mandelbaum, B. R., et al. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003–1010. <https://doi.org/10.1177/0363546504272261>
- Manske, R. C. (2006). *Postsurgical orthopedic sports rehabilitation: Knee & Shoulder*. Wichita, KS, USA: Mosby Elsevier.
- Mayer, M. (2003). Poškození měkkých struktur kolenního kloubu jako důsledek poruch motorického řízení. Principy rehabilitace. *Rehabilitácia*, 40(1), 8–11.
- McMahon, J. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2018). Reliability of and relationship between flight time to contraction time ratio and reactive strength index modified. *Sports*, 6(81), 1–10. <https://doi.org/10.3390/sports6030081>
- Müller, L., Hildebrandt, C., Müller, E., Fink, C., & Raschner, C. (2017). Long-term athletic development in youth alpine ski racing: The effect of physical fitness, ski racing technique, anthropometrics and biological maturity status on injuries. *Frontiers in Physiology*, 8, 656. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00656>
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2004). Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(4), 352–364.
- Odehnalová, T. (2021). *Pohlavní odlišnosti v neuromuskulárních indikátorech rizika zranění kolenního kloubu v průběhu růstu a zraní v týmových sportech*. Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

- Padua, D. A., Arnold, B. L., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Carcia, C. R., & Granata, K. P. (2006). Fatigue, vertical leg stiffness, and stiffness control strategies in males and females. *Journal of Athletic Training, 41*(3), 294–304.
- Powell, J. W., & Barber-Foss, K. D. (2000). Sex-related injury patterns among selected high school sports. *The American Journal of Sports Medicine, 28*(3), 385–391. <https://doi.org/10.1177/03635465000280031801>
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S., & Lloyd, R. S. (2018). The influence of growth and maturation on stretch-shortening cycle function in youth. *Sports Medicine, 48*(1), 57–71. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0785-0>
- Raschner, C., Platzer, H. P., Patterson, C., Werner, I., Huber, R., & Hildebrandt, C. (2012). The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: A10-year longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine, 46*(15), 1065–1071. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091050>
- Rizzo, M., Holler, S. B., & Bassett, F. H. (2001). Comparison of males and females ratios of anterior-cruciate-ligament width to femoral-intercondylar-notch width: A cadaveric study. *American Journal of Orthopedics, 30*(8), 660–664.
- Rozzi, S. L., Lephart, S. M., Gear, W. S., & Fu, F. H. (1999). Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *The American Journal of Sports Medicine, 27*(3), 312–319. <https://doi.org/10.1177/03635465990270030801>
- Rubio-Peiroten, A., García-Pinillos, F., Jaén-Carrillo, D., Cartón-Llorente, A., & Roche-Seruendo, L. E. (2021). Is There a Relationship between the Morphology of Connective Tissue and Reactivity during a Drop Jump? Influence of Sex and Athletic Performance Level. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph18041969>
- Ruedl, G., Ploner, P., Linortner, I., Schranz, A., Fink, C., Sommersacher, R., ... & Burtscher, M. (2009). Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 17*(9), 1065–1069. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0786-0>

- Silvers, H. J. (2009). Play at your own risk: Sport, the injury epidemic, and ACL injury prevention in female athletes. *Journal of Intercollegiate Sport*, 2(1), 81–98. <https://doi.org/10.1123/jis.2.1.81>
- Skála, P., & Haitman M. (2006). *Ročenka 1926-2006: 80 let českého ragby*. Praha: Česká ragbyová unie.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.08.005>
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: A prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 9(5), 313–321. <https://doi.org/10.1007/s001670100228>
- Toumi, H., Poumarat, G., Best, T. M., Martin, A., Fairclough, J., & Benjamin, M. (2006). Fatigue and muscle–tendon stiffness after stretch–shortening cycle and isometric exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(5), 565–572. <https://doi.org/10.1139/h06-034>
- Uhorchak, J. M., Scoville, C. R., Williams, G. N., Arciero, R. A., Pierre, P. S., & Taylor, D. C. (2003). Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: A prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(6), 831–842. <https://doi.org/10.1177/03635465030310061801>
- Vašíčková, Š., (2009). Ragby-historicko společenský vývoj hry u nás a v zahraničí. *Tělesná kultura*, 32(1), 73-87.
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., & Barnes, P. G. (2005). The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 363–368. <http://doi.org/10.1136/bjism.2005.018697>
- Wang, D., De Vito, G., Ditroilo, M., Fong, D. T., & Delahunt, E. (2015). A comparison of muscle stiffness and musculoarticular stiffness of the knee joint in young athletic males and females. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(3), 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.03.003>

- Ward, R. E., Fong Yan, A., Orishimo, K. F., Kremenec, I. J., Hagins, M., Liederbach, M., Hiller, C. E., & Pappas, E. (2019). Comparison of lower limb stiffness between male and female dancers and athletes during drop jump landings. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(1), 71–81. <https://doi.org/10.1111/sms.13309>
- Watsford, M. L., Murphy, A. J., McLachlan, K. A., Bryant, A. L., Cameron, M. L., Crossley, K. M., & Makdissi, M. (2010). A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 2058–2064. <https://doi.org/10.1177/0363546510370197>
- Wheless, C. R. (2012). *Q-angle of the knee*. Retrieved 7. 1. 2013 from World Wide Web: http://www.whelessonline.com/ortho/q_angle_of_the_knee
- Wild, C. Y., Steele, J. R., & Munro, B. J. (2012). Why do girls sustain more anterior cruciate ligament injuries than boys? *Sports Medicine*, 42(9), 733–749. <https://doi.org/10.1007/BF03262292>
- Wojtys, E. M., Huston, L. J., Schock, H. J., Boylan, J. P., & Ashton-Miller, J. A. (2003). Gender differences in muscular protection of the knee in torsion in size-matched athletes. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 85(5), 782-789. <https://doi.org/10.2106/00004623-200305000-00002>
- Wolters, F., Vrooijnik, S. H., Van Eck, C. F., & Fu, F. H. (2011). Does notch size predict ACL site size? *Knee Surgery, Sports Traumatology & Arthroscopy Review*, 19(1), 17–21. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1503-3>
- Yu, B., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E. (2002). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Anatomy, physiology, and motor control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10(1), 58–68. <https://doi.org/10.1097/00132585-200210010-00009>
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: prospective biomechanical-epidemiologic study. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123–1130. <https://doi.org/10.1177/0363546507301585>

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření Etické komise FTK UP



Fakulta
tělesné kultury

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.

Na základě žádosti ze dne 17.12.2020 byl projekt základního výzkumu

Autor /hlavní řešitel/: **Mgr. Ondřej Sikora**
Spoluřešitelé: **doc. PaedDr. Michal Lehnert, Bc. Tereza Nolčová,
Bc. Libor Polách, Bc. Michaela Rajnochová**

s názvem: **Vliv programu KneeRugbyWomen na indikátory rizika zranění
kolenního kloubu u ragbistek starších 15 let**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **23/2021**

dne: **12. 1. 2021**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 583 636 009
www.ftk.upol.cz

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Příloha 2. Informovaný souhlas zletilých účastnic studie

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, FAKULTA TĚLESNÉ
KULTURY**

Informovaný souhlas

**Vliv programu KneeRugbyWomen na rizikové faktory zranění kolenního
kloubu
u ragbistek starších 15 let**

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaná souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byla jsem podrobně informována o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Porozuměla jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
3. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
4. Porozuměla jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Datum:

Podpis řešitele pověřeného touto studií:

Datum:

Příloha 3. Potvrzení o překladu anglických částí diplomové práce