

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

VLIV INTERVENČNÍHO TRÉNINKOVÉHO PROGRAMU  
KNEERUGBYWOMEN NA BIOMECHANIKU DOPADU PO VÝSKOKU  
U RAGBISTEK STARŠÍCH 15 LET

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Tereza Sikorová, obor Fyzioterapie

Vedoucí práce: prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Olomouc 2022

**Jméno a příjmení autora:** Tereza Sikorová

**Název diplomové práce:** Vliv intervenčního tréninkového programu KneeRugbyWoman na biomechaniku dopadu po výskoku u ragbistek starších 15 let

**Pracoviště:** Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Katedra sportu

**Vedoucí diplomové práce:** prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2022

**Abstrakt:** Cílem této diplomové práce bylo posouzení vlivu intervenčního tréninkového programu na biomechaniku dopadu po výskoku u ragbistek starších 15 let. Výzkumný soubor byl složen z 24 amatérských hráček, které byly rozděleny na experimentální ( $n = 12$ ) a kontrolní ( $n = 12$ ) skupinu. Pro studii byl zvolen motorický test vertikální skok odrazem jednož s protipohybem. Provedení testu bylo zaznamenáno ze sagitální frontální roviny pomocí dvou videokamer. Pomocí záznamu z videokamer byla vyhodnocena biomechanika dopadu prostřednictvím Škály pro hodnocení biomechaniky dopadu (Landing Error Scoring System, LESS). Sledovaným parametrem byla celková hodnota LESS škály. Výsledky této práce ukazují, že u hráček ragby starších 15 let nedošlo po absolvování intervenčního programu KneeRugbyWomen k signifikantnímu rozdílu LESS skóre. Před absolvováním programu byla hodnota u experimentální skupiny  $4,00 \pm 1,41$  a po absolvování  $3,25 \pm 1,54$  ( $Z = 1,579$ ;  $p = 0,114$ ). U kontrolní skupiny před absolvováním  $5,83 \pm 1,03$  a po absolvování  $6,00 \pm 1,71$  ( $Z = 0,533$ ;  $p = 0,594$ ). Hráčky v experimentální skupině se pohybovaly pod rizikovou hranicí hodnoty 5 bodů LESS škály před i po absolvování tréninkového programu, což ukazuje na nižší riziko poranění v důsledku nesprávné biomechaniky dopadu, oproti kontrolní skupině.

**Klíčová slova:** ženy, ragby, zranění, ligamentum cruciatum anterius (LCA), Landing Error Scoring System

Diplomová práce je součástí projektu IGA\_FTK\_2021\_008

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Tereza Sikorová

**Title of the master thesis:** The training program KneeRugbyWomen effect on jump landing biomechanics in female rugby player age 15+

**Department:** Palacký University, Faculty of Physical Culture, Department of Sport

**Supervisor:** prof. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**The year of presentation:** 2022

**Abstract:** This Master's thesis aimed to assess the intervention training programme effect on jump landing biomechanics in female rugby players aged 15+. The sample group consisted of 24 female amateur players, who were divided into an experimental group ( $n = 12$ ) and a control group ( $n = 12$ ). For the purposes of this research, the single-leg countermovement jump test was chosen. The motor test was recorded from the sagittal and as well as the frontal plane using two video cameras. Based on the video recordings, landing biomechanics was evaluated using the Landing Error Scoring System (LESS). The monitored parameter concerned the total value of the LESS scale. The results of this work indicate that female rugby players aged 15+ did not show a significant difference in the LESS score after completing the KneeRugbyWomen intervention programme. Before completing the programme, the value of the experimental group was  $4.00 \pm 1.41$ . After completing the programme, it amounted to  $3.25 \pm 1.54$  ( $Z = 1,579$ ;  $p = 0,114$ ). In the control group, it was  $5.83 \pm 1.03$  before completion and  $6.00 \pm 1.71$  ( $Z = 0,533$ ;  $p = 0,594$ ) after completion. The players in the experimental group were below the risk limit of 5 points on the LESS scale both before and after completing the training programme, which indicates a lower risk of injury due to incorrect landing biomechanics, compared to the control group.

This Master's thesis is part of the project IGA\_FTK\_2021\_008.

**Keyword:** women, rugby, injury, anterior cruciate ligament (ACL), Landing Error Scoring System

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením prof. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 29. 4. 2022

.....

Ráda bych poděkovala prof. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce. Také děkuji mému manželovi Mgr. Ondřeji Sikorovi za pomoc při zpracování výsledků a dobrému kamarádovi Mgr. Jiřímu Mánkovi za anglický překlad.

# OBSAH

1 ÚVOD .....	8
2 PŘEHLED POZNATKŮ .....	9
2.1. Kolenní kloub .....	9
2.1.1. Stabilita kolenního kloubu .....	9
2.1.2. Neuromuskulární koordinace kolenního kloubu .....	12
2.1.3. Senzomotorický systém kolenního kloubu .....	13
2.1.4. Propriocepce kolenního kloubu.....	13
2.2. Zranění v ragby .....	15
2.2.1. Zranění kolenního kloubu v ragby .....	17
2.2.2. Zranění LCA v ragby .....	18
2.3. Rizikové faktory zranění LCA u žen.....	21
2.3.1. Potencionální rizikové hormonální faktory .....	22
2.3.2. Vliv pubescence a adolescence na zranění LCA.....	24
2.3.3. Vliv kloubní laxity na zranění kolenního kloubu.....	25
2.3.4. Anatomické rizikové faktory.....	26
2.3.5. Neuromuskulární a biomechanické rizikové faktory .....	28
2.4. Biomechanika dopadu u ženské populace.....	30
2.4.1. Hodnocení biomechaniky dopadu .....	32
3 CÍLE A HYPOTÉZY .....	34
4 METODIKA.....	35
4.1. Design studie .....	35
4.2. Výzkumný soubor .....	35
4.3. Metodika sběru dat .....	36
4.4. Metodika zpracování dat .....	37
4.4. Preventivní program KneeRugbyWomen .....	40
4.5. Statistická analýza dat .....	43
5 VÝSLEDKY .....	44
6 DISKUZE.....	45
7 ZÁVĚRY .....	52
8 SOUHRN .....	53
9 SUMMARY .....	54
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	55
11 PŘÍLOHY.....	71

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

DKV – Dynamic Knee Valgus, vnitřní kolaps kolenního kloubu

m./mm. – musculus/musculi, sval/svaly

lig. – ligamentum, vaz

H/Q – hamstring/kvadriceps

KH – konstituční hypermobilita

LCA – ligamentum cruciatum anterius, přední zkřížený vaz

LCL – ligamentum collaterale laterale, zevní postranní vaz

LCM – ligamentum collaterale mediale, vnitřní postranní vaz

LCP – ligamentum cruciatum posterius, zadní zkřížený vaz

LESS – Landing Error Scoring System, škála hodnocení biomechaniky dopadu

SLCMJ – Single Leg Countermovement Jump, vertikální skok odrazem jednož s protipohybem

## 1 ÚVOD

Ragby je kolektivní sport, který vznikl v 19. století v Anglii a v současné době je považován za jeden z nejpobulárnějších sportů na světě. Ragby se rozděluje na několik variant, které jsou rozlišené na základě počtu hráčů. V České republice je nejhranější formou ragby o patnácti hráčích na každé straně tzv. patnáčkové ragby, které se hraje 2x40min. Další variantou je tzv. sedmičkové ragby hrající se 2x7min, jehož popularita je v současné době na velkém vzestupu čemuž výrazně dopomohlo zařazení sedmičkového ragby v roce 2016 mezi olympijské sporty.

Ragby je vysoce intenzivní sport s vysokými požadavky na sílu, rychlost, vytrvalost, koordinaci a flexibilitu hráčů. Během utkání dochází ke střídání běžecké (dynamické) a zápasnické (statické) zátěže. Pozorujeme velké množství kontaktních situací a časné změny směru i rychlosti při pohybu hráče na hřišti, což řadí ragby ke sportům s největším rizikem vzniku úrazů. V rámci profesionálního ragby představují zranění předního zkříženého vazů nejvyšší zátěž vzhledem k zameškaným dnům. Je tedy bezpodmínečně nutné, aby byly rizikové faktory včas indentifikovány a následně vhodně ovlivněny v rámci preventivních programů.

Přestože mají ženy v porovnání s muži nižší fyziologické ukazatele jako jsou např. snížená rychlost, menší obratnost, nižší svalová síla, nižší aerobní kapacita, tak je u nich často vyšší riziko zranění než u mužů. Poranění předního zkříženého vazů je u žen až šestkrát častější než u mužů. Hlavními důvody vyšší incidence poranění kolenního kloubu u žen jsou anatomické, biomechanické, hormonální a neuromuskulární faktory. Rozdílná biomechanika dopadu u žen a mužů je primárním rizikovým faktorem vzniku bezkontaktních poranění dolní končetiny.

V současné době je prokázáno, že vhodně zvolený a cílený neuromuskulární trénink může snižovat rizika vzniku bezkontaktních poranění kolenního kloubu. Pokud však má být neuromuskulární trénink, co nejúčinnější, tak je důležité znát všechny možné mechanismy, které zranění způsobují a při tréninku či terapii se na ně zaměřit.

Protože jsem fyzioterapeutka se zaměřením převážně na ženy a současně bývalá aktivní hráčka ragby, tak je mi téma velmi blízké. Denně se ve svojí praxi snažím patologickým pohybovým vzorcům u svých pacientek předcházet nebo je napravovat.

## **2 PŘEHLED POZNATKŮ**

### **2.1. Kolenní kloub**

Kolenní kloub je největší synoviální kloub v těle. Z anatomického a fyziologického pohledu je to nejsložitější kloub v těle. Stýkají se zde femur, tibie, menisky a největší sezamská kost v těle patela. Tento složený kloubu můžeme rozdělit na dvě kloubní části. Patelofemorální skládající se ze spojení pately a přední plochy femuru a tibiofemorální spojení tvořené proximální tibíí a distálním femurem. Pokud má kolenní kloub plnit správně svoji funkci je důležitá kvalita kloubních ploch, patelly, menisků, kolenních vazů, svalů v blízkosti kloubu a neuromuskulárního řízení (Bartoníček & Heřt, 2004; Honová, 2013).

#### **2.1.1. Stabilita kolenního kloubu**

Pro správnou funkci kolenního kloubu je důležité, aby byl kloubu dostatečně stabilní a mobilní, což jsou zdánlivě dvě protichůdné vlastnosti kloubu. Stabilita je zabezpečena pomocí souhry několika struktur současně, kterými jsou tvary kloubních ploch femuru a tibie, statické (vazivové) a dynamické (svalové) stabilizátory (Bartoníček & Heřt, 2004). Pokud má být kloub stabilní musí centrovaný. Honová (2013) definuje centrované postavení kloubu jako stav, kdy nastavení kloubních ploch poskytuje optimální statické zatížení, a tím dochází k rovnoměrnému rozložení tlaku na kloubní plochy a nejmenšímu fyziologickému namáhání okolních struktur kloubu. Dlouhodobá decentrovaná pozice totiž může vést k časnému vzniku poškození chrupavky a značně navyšuje riziko vzniku úrazu, jelikož vazivové a svalové stabilizátory jsou permanentně v nefyziologickém napětí.

##### **2.1.1.1. Statické stabilizátory kolenního kloubu**

Mezi statické stabilizátory kolenního kloubu řadíme kloubní jamku, laterální a mediální meniskus, laterální kolaterální vaz (LCL) a mediální kolaterální vaz (LCM), přední zkřížený vaz (LCA) a zadní zkřížený vaz (LCP) (Bartoníček & Heřt, 2004).

Dungl (2004) rozděluje vazivové stabilizátory dle umístění na centrální, laterální a mediální. Centrální stabilizátory zajišťují stabilitu zejména v sagitální rovině, patří sem oba zkřížené vazy. LCA je struktura spojující distální femur a proximální část tibie. Z hlediska anatomie rozdělujeme LCA na femorální úpon, kde vzhledem k největší námaze vznikají často mikrotraumata. Střední část a tibiální úpon, který je dvojnásobně větší než femorální úpon. Kapandji (1987) rozděluje LCA na tři svazky. První anteromediální je nejdelší, nejbližší uložen k povrchu a nejvíce ohrožen poraněním. Další dva jsou posterolaterální a intermediální pruh. Napětí jednotlivých svazků se mění v závislosti na

stupni flexe kolenního kloubu. Hlavní funkcí LCA je zajišťovat odolnost proti anterotibiálnímu posunu a vnitřně rotačnímu zatížení. Ženy mají LCA v porovnání s muži kratší a méně pevné, což výrazně ovlivňuje riziko vzniku jeho poranění (Hansen et al. 2009). LCP je v průměru o 50 % mohutnější než LCA, začíná na laterální ploše vnitřního kondylu femuru, zadem kříží LCA a upíná se v area intercondylaris na tibií. Omezuje posun tibie posteriorně a zevní rotaci v kolenním kloubu. K laterálnímu systému vazivových stabilizátorů řadíme laterální meniskus, posterolaterální část kloubního pouzdra, LCL a lig. popliteum arcuatum. Do mediálního stabilizačního systému zařazujeme LCM, mediální meniskus, posteromediální část kloubního pouzdra spolu s úponem m. semimembranosus. Oba tyto systémy laterální a mediální zajišťují stabilitu ve frontální rovině. Při extenzi jsou napjaty, při flexi jsou uvolněny (Bartoníček & Heřt, 2004; Kapandji 1987; Takehiko et al., 2010).

Pro správnou pohyblivost kloubu je důležitá kvalita menisků, které upravují nízkou kongruenci kloubních ploch femuru a tibie (Kapandji, 1987). Další funkcí menisků je přenos zatížení, tlumení nárazů, stabilita, výživa, lubrikace kloubu a propriocepce (Lebel et al. 2010). Rozlišujeme laterální a mediální meniskus. Mediální meniskus je větší, méně pohyblivý a tvarově připomíná písmeno „C“, bývá častěji poškozen. Až 95 % všech poškození menisků se jedná o meniskus mediální (Kolář, 2009). Poranění mediálního menisku bývá spojeno s narušenou stabilizační funkcí LCA naopak poranění laterálního menisku je často spojené s akutní rupturou LCA (Wilson et al. 2018).

### 2.1.1.2. Dynamické stabilizátory kolenního kloubu

Dynamické stabilizátory se aktivně podílí na stabilitě kolenního kloubu pomocí kontraktilní schopnosti svalů, které vedou přes kolenní kloub. Jejich přímá stabilizační funkce je dána kokontrakcí agonistů a antagonistů tedy m. quadriceps femoris a hamstringů při pohybu, která se popisuje jako Lombardův paradox (Ahmad et al., 2006; Hughes & Watkins, 2006; Velé, 2006).

Velé (2006) rozděluje dynamické stabilizátory kolene:

- **Skupinu extenzorů** – m. vastus medialis, m. vastus lateralis, m. vastus intermedius a m. rectus femoris – souhrně m. quadriceps femoris.
- **Skupinu flexorů** – m. semitendinosus, m. semimembranosus a m. biceps femoris – souhrně hamstringy.

- **Další svaly** – m. gracilis, m. sartorisu, m. popliteus a m. gastrocnemius a m. tensor fasciae latae.

Důležitost dynamické stabilizační funkce hamstringů ve vztahu k poranění LCA popisují autoři Mayer a Smékal (2004), kdy se díky jejich správné a vyvážené preaktivaci před m. quadriceps femoris a m. gastrocnemius zabraňuje vzniku nadměrné rotace a anteriornímu posunu tibie vůči femuru. Díky tomu se zvyšuje pevnost kolenního kloubu a snižují se síly, které negativně ovlivňují kolenní kloub a jeho struktury. Hamstringy lze tedy považovat za agonisty LCA za stavu, kde jsou optimálně zapojeny do stabilizačních vzorců. Naproti tomu m. quadriceps femoris je popisován jako antagonist LCA, kdy jeho schopnost napnout LCA je nejvýraznější v plném propnutí – extenzi kolenního kloubu. Studie autorů (Hewett, Ford, Hoogenboom & Myer, 2010; Hewett et al., 2005) prokazují, že u sportovců ohrožených poraněním LCA nastává dřívější aktivace extenzorů kolenního kloubu před flexory. Kvalita dynamické stabilizace úzce souvisí s neuromuskulární koordinací.

Pro správnou dynamickou stabilitu kolenního kloubu je důležitá rovnováha mezi poměrem sil extenzorů a flexorů kolenního kloubu. Pro zjištění srovnání svalové síly ipsilaterálních hamstringů a m. quadriceps femoris se využívá hamstring/kvadriceps ratio, česky H/Q poměr (Delextrat et al., 2010).

Autoři Delextrat et al. (2010) rozdělují H/Q poměr dle sledovaných typů kontrakcí:

- **Konvenční H/Q poměr** – maximální koncentrická kontrakce flexorů kolenního kloubu ku maximální koncentrické kontrakci extenzorů kolenního kloubu.
- **Dynamický – funkční H/Q poměr** – maximální excentrická kontrakce flexorů kolenního kloubu ku maximální koncentrické kontrakci extenzorů kolenního kloubu.

V praxi se využívá hlavně dynamický H/Q poměr, protože kombinace těchto kontrakcí svalových skupin kolenního kloubu je v souladu s pohyby, které při utkáních nastávají např. sprintování a kopání, kdy hamstringy excentricky brzdí anteriorní posun tibie vůči femuru. Pokud jsou hodnoty funkčního H/Q poměru při 60°/s menší než 0,6 (60 %), tak stoupá riziko vzniku poranění hamstringů. Naopak při hodnotách blízkých se 100 % je stabilizační funkce hamstringů ideální a riziko poranění LCA je nižší (Ayala et al., 2012; Fyfe, Opar, Williams & Shield, 2013).

### 2.1.2. Neuromuskulární koordinace kolenního kloubu

Kvalita neuromuskulární koordinace se výrazně podílí na snížení rizika zranění kolenního kloubu. Díky neuromuskulárnímu tréninku jsou sportovci schopni výrazně kvalitněji ovládat aktivaci vláken v jednotlivých svalových skupinách a svalech. Neuromuskulární koordinaci v kolenním kloubu lze chápat jako spontánní aktivaci dynamických stabilizátorů, která je odpovědí na daný stimul. Neuromuskulární koordinace je nástrojem pro úspěšné vykonání motorického úkolu. Hraje zde významnou roli koordinace a koaktivace agonistů a antagonistů kolenního kloubu (Hewett et al., 2005; Zatsiorsky & Kraemer, 2014; Maixnerová, 2020).

Motoriku řadíme mezi nejzákladnější funkce živých organismů. Aktivita motorického systému se projevuje svalovou činností. Pro úspěšné dokončení pohybové činnosti – motorického úkolu je potřeba neuromuskulární koordinace více svalových skupin, některé svaly je nutné kontrahovat, jiné relaxovat, usměrňovat sílu apod. Základní jednotkou neuromuskulární koordinace je motorická jednotka, která je popisována jako komplex složený z motoneuronu a svalových vláken, která jsou s tímto motoneuronem spojena. Motorické jednotky rozdělujeme na fázické, které mají kratší dobu záškubu a dekontrakce, a tonické, které mají délku záškubu a dekontrakce delší. Spojení mezi nervovým zakončením a svalovým vláknem se nazývá nervosvalová ploténka, kde dochází k transformaci nervového vzruchu na elektrický potenciál, který se po svalovém vláku šíří dále a obstarává svalovou akci. Impulz šířící se přes nervosvalovou ploténku může být inhibiční – chránící sval před námahou, a naopak excitační – zahajující svalovou akci. Za situace, kdy je více excitačních impulzů dochází k tomu, že jsou motorické jednotky zapojovány do svalové akce a vyvíjí sílu. V opačném případě, kdy je vyšší počet inhibičních impulzů nastává relaxace svalového vlákna (Ambler, 2011; Kolář; 2009, Maixnerová, 2020).

Autoři Zatsiorsky a Kraemer (2014) a Rutherford (1988) rozdělují neuromuskulární koordinaci na dvě úrovně – systémy a upřesňují, že pro bezpečnou svalovou akci je důležitá jejich spolupráce:

- Intermuskulární koordinace – schopnost komplexního koordinovaného zapojení svalových skupin, konkrétně agonistů a antagonistů.
- Intramuskulární koordinace – schopnost zapojování motorických jednotek.

Aby docházelo ke vhodnému koordinovanému postupnému zapojování svalů ve svalovém vzorci, tak je nutný dlouhodobý pravidelný trénink. Jedině tak může dojít ke

vzniku nervové adaptace, která se projeví schopností správné koordinace agonista – antagonisty. Kvalitnější intramuskulární koordinace klade menší energetické nároky nutné k akci, což vede ke kvalitnějšímu sportovnímu výkonu jedince. Je prokázáno, že netrénování jedinci nejsou schopni naplno využít potenciálu všech svých svalových vláken ve svalu a tím tak dosáhnout svého maximálního výkonu. Právě synchronizace motorických jednotek je důležitým nástrojem vrcholových sportovců (Hewett, Lindenfeld, Riccobene, & Noyes, 1999; Maixnerová, 2020).

Fungování neuromuskulární koordinace lze popisovat na základě feedforward a feedback mechanismů. Feedforward regulace též předaktivace objevující se 20ms před zatížením kolenního kloubu jsou založeny na předchozích pohybových zkušenostech a jsou nápomocné pro rychlejší stabilizaci kloubu. Feedback regulace slouží k aktivaci svalové aktivity na podkladě podnětů přicházejících aferentními dráhami z receptorů, kdy první regulace opraví odchylky pouze z části a s dalším opakováním je regulace přesnější. (De Ste Croix, Priestly, Lloyd, & Oliver, 2015; Wikstrom et al., 2006).

### **2.1.3. Senzomotorický systém kolenního kloubu**

Svaly a svalové souhry lze chápat jako „zrcadlo“ integrace centrálního a periferního nervového systému. Svalový systém leží na jakési křižovatce, na které se sbíhají motorické (odstředivé) či eferentní impulsy z centrálního nervového systému a senzorní (dostředivé) chceme-li aferentní impulsy z receptorů uložených v kůži, podkoží, svalů, kloubů a jiné. Důležité jsou pro řízení aferentní informace ze zrakového a vestibulárního ústrojí. Integrací senzorní a motorické složky spolu se zapojením feedforward a feedback mechanismů je zajištěna dynamická a statická stabilita kloubů (Kolář, 2009; Riemann & Lephart, 2002).

### **2.1.4. Propriocepce kolenního kloubu**

Propriocepce je schopnost organismu vnímat vibrační cití, polohu a pohyb částí těla z mechanoceptorů – proprioceptorů uložených ve svalech, šlachách, kloubech a kůži. Předává nám tedy vědomé i nevědomé informace o poloze těla. Z počátku byla propriocepce chápána pouze jako soubor všech aferentních informací z proprioceptorů. Každopádně v současné době víme, že propriocepce zahrnuje nejen zpracování aferentních informací v centrální nervové soustavě, ale i přenos eferentních impulsů potřebných k aktivaci svalu a tím konečnému vykonání potřebné síly nutné k zajištění kloubní stability a pohybu. Díky

propriocepci je kloub chráněn před případným traumatizujícím pohybem (Kaya et al., 2018; Lin et al., 2007; Riemann & Lephart, 2002; Wikstrom et al., 2006).

Proprioceptory jsou specializované mechanoceptory, které mají za úkol převádět mechanické podněty z propriocepčního pole na nervové signály vedoucí do centrální nervové soustavy. Ve svalech nacházíme proprioceptory jimiž jsou svalová vřeténka, které registrují změnu délky svalu a Golgiho šlachový orgán detekující změnu svalového napětí. V ligamentech a kloubních strukturách nacházíme Ruffiniho tělíska, které se podílí na regulaci statických a dynamických stabilizátorů, dále pak Vater-Paciniho tělíska, receptory podobné Golgiho šlachovému orgánu a volná nervová zakončení (Králíček, 1995; Riemann & Lephart, 2002).

Následkem většího pohybu laterálních struktur oproti mediálním se v kolenním kloubu nachází více proprioceptorů v intraartikulárních ligamentech a laterálních strukturách v porovnání s mediálními strukturami. V kolenním kloubu nalézáme Ruffiniho tělíska, jejichž největší koncentrace je v m. popliteus. Tento sval má významnou dynamickou roli ve všech flekčních a rotačních pohybech kolenního kloubu, kdy se podílí na omezení anteriorní subluxace femuru, zevní rotace tibie a odolování varotizačním silám. Golgiho šlachový orgán a volná nervová zakončení zastoupena v křížových vazech se účastní na zamezení extrémní flexe a extenze v kolenním kloubu. Pokud tedy dojde k poškození LCA, pozorujeme zpomalení reakčních časů flexorů i extenzorů kolene. Nejpočetnějšími mechanoceptory kolenního kloubu jsou volná nervová zakončení, která jsou drážděna v situaci, kdy je kloub vystaven mechanickému či chemickému dráždění. Důležitou částí proprioceptivní informací z kloubu jsou i receptory umístěné ve fasciích, intersticiálním a periartikulárním vazivu v okolí kolenního kloubu. Z těchto informací je patrné, že poranění kterékoliv struktury kolenního kloubu vede k výraznému narušení propriocepce a vzniku instability kloubu (Çabuk & Çabuk, 2016; Švestková et al., 2017).

## 2.2. Zranění v ragby

Ragby patří v současné době mezi nejhranější a nejsledovanější sport na celém světě s přibližně 8,5 miliony registrovaných hráčů z více než 126 zemích světa, z čehož téměř 30 % tvoří ženské hráčky ragby. Hra je fyzicky velmi náročná a střídají se v ní herní úseky o vysoké a nízké intenzitě. Kombinace vysoké fyzické náročnosti a častého kontaktu znamenají přirozené riziko pro vznik zranění. Dostupná literatura udává nejvyšší incidenci zranění v porovnání s jinými vysoce kontaktními sporty jako jsou americký fotbal či hokej (Cunniffe et al., 2009; Yeomans et al., 2018; Williams et al., 2021).

Dlouhé roky byly velké rozdíly v definicích a metodologiích používaných ve studiích zaměřených na zranění v ragby, což vytvářelo nekonzistenci ve vykazovaných údajích. Od roku 2007 užívá Mezinárodní ragbyový svaz jednotné zaznamenávání zranění na podkladě inspirace z fotbalové unie. Incidence zranění v ragby se nyní udává jako počet zranění na 1000 odehraných hodin (Obrázek 1) (Fuller et al., 2007; Williams et al., 2013).

$$\text{Incidence zranění} = \frac{\text{počet zranění}}{\text{počet zranění} \times \text{počet hráčů} \times \text{délka utkání}} \times 1000 \text{ hodin}$$

Obrázek 1. Vzorec incidence zranění (Upraveno dle Yeomans et al., 2018)

Incidence zranění byla u mužských amatérských hráčů (46,8/1000) Rugby union nižší než u profesionálních hráčů (81/1000), ale vyšší ve srovnání s dospívajícími mladými hráči ragby (26,7/1000) (Williams et al., 2013). Autoři Williams et al. (2021) uvádí, že díky zkvalitnění zdravotnické a lékařské péče u amatérských klubů došlo k tomu, že úroveň soutěže už nemá na incidenci tak výrazný vliv a rozdíl je cca 22 zranění na 1000 odehraných hodin oproti původním 35 zraněním na 1000 odehraných hodin.

U hráček patnáctkového ragby je incidence zranění (2,8/1000) nižší než u hráček sedmičkového ragby (8,9/1000), přičemž nejčastějším zraněním je otřes mozku. Každopádně u žen je obzvlášť složité vést tyto přesné statistiky, jelikož kvalita zdravotnického ošetření je pořád v porovnání s mužskými soutěžemi na velmi nízké úrovni (King et al., 2019). Autoři King et al. (2019) uvádí, že součet všech zranění hráček patnáctkového i sedmičkového ragby je nižší než počet zranění u mužské kategorie na srovnatelné úrovni.

Ke zranění může dojít při kterékoliv herní činnosti ve hřem, avšak nejčastěji k němu dochází při skládce (Yeomans et al., 2018). To potvrzují i autoři Williams et al. (2021), kteří uvádí, že 46 % všech zranění vzniká při skládkách, přičemž v předchozí studii autorů Williams et al. (2013) tvořily skládky 59 %, což hlavně souvisí se zapojením preventivních programů do přípravy hráčů. Prevence by dle autorů Williams et al. (2021) měla být zaměřena zejména na kvalitu technického provedení skládky na nedominantní straně korelující s postupně narůstající únavou, protože většina zranění vzniká až v druhé půlce utkání. S tímhle tvrzením souhlasí také autoři Kaplan, Goodwillie, Strauss a Rosen (2008), kteří uvádějí, že nejčastěji nastává zranění hráče v situaci, kdy nedosáhnul maximálního úsilí a plného rozběhu. Ke zranění může často docházet i při situacích bez kontaktu např. běh, kop nebo při kličce (Tabulka 1).

Tabulka 1. Herní situace s nejvyšší incidencí zranění (Upraveno dle Williams et al., 2021)

<b>Herní situace</b>	<b>Počet zranění</b>	<b>Procento zranění</b>
<b>Skládající hráč</b>	1633	23 %
<b>Skládaný hráč</b>	1497	22,8 %
<b>Kolize</b>	737	14,2 %
<b>Běh</b>	713	10,4 %
<b>Ruck</b>	627	8,9 %

Autoři Kaux et al. (2015) a Tondelli et al. (2021) popisují, že nejčastěji bývají poraněny dolní končetiny, následují poranění hlavy, krční páteře, horní končetiny a trupu. Autoři Williams et al. (2021) souhlasí a zdůrazňují, že i když jsou úrazy dolních končetin nejčastější, tak je zde pořád velké množství úrazů hlavy hlavně v podobě otřesů mozku a doporučují, aby právě úrazy hlavy byly středem zájmů budoucích preventivních programů (Tabulka 2).

Tabulka 2. Pět nejčastějších zranění dle lokalizace (Upraveno dle Williams et al., 2021)

Lokalizace zranění	Počet zranění	Procento zranění
Hlava	1439	16,7 %
Koleno	1034	12,9 %
Rameno	933	11,7 %
Kotník	312	9,3 %
Hamstringy	447	6,5 %

Autoři Williams et al. (2021) uvádí, že ačkoliv nebyly pozorovány znatelné rozdíly v incidenci zranění vzhledem k herním postům na hřišti, tak je výrazně delší doba zameškaných dnů po zápase u útočníků než u hráčů obrany (Tabulka 3). Vyšší průměr zameškaných dnů po zranění u útočníků může být důsledkem jejich vyšší herní frekvencí zapojování se do hry a počtu kontaktů za zápas.

Tabulka 3. Incidence zranění a zameškaných dnů dle herní postů (Upraveno dle Williams et al. 2021)

Herní post	Incidence zranění	Počet zameškaných dnů
Útočník	78/1000 hodin	31 dní
Obránce	76/1000 hodin	27 dní

### 2.2.1. Zranění kolenního kloubu v ragby

K úrazům kolenního kloubu může až ve 30 % docházet následkem vnějšího zavinění nejčastěji nárazem z vnější strany. Tento typ poranění nejčastěji pozorujeme u kontaktních sportů (ragby, házená, fotbal). Nicméně 70 % poranění kolenního kloubu vzniká bez vnějšího zavinění, kde nepřiměřená koordinace pohybů a svalových skupin produkuje nepřiměřené působení pákové síly na klouby (McDaniel et al., 2010). K nekontaktním poraněním dochází nejčastěji při zastavování a prudkých změnách pohybu, dopadu na extendované a hyperextendované končetiny (Dungl, 2004).

Poranění kolenního kloubu mají u hráčů ragby výraznější dopad na hru než poranění jiných částí těla, jelikož během sezóny chybí až 5 % hráčů v týmu kvůli poranění kolene. Následkem zranění kolenního kloubu jsou hráči vyřazeni na nejdelší dobu ze hry a tréninku. Mezi nejčastější poranění patří úrazy mediálního kolaterálního vazů (LCM) a menisků. Nicméně zranění LCA, i když jsou méně častá představují velké riziko vzhledem

k následné době rekonvalescence (Tabulka 4) (Awwad et al., 2019; Dallalana, Brooks, Kemp, & Williams, 2007).

Tabulka 4. Doba rekonvalescence po úrazech kolenního kloubu (Upraveno dle Awwad et al., 2019)

Typ poranění	Doba rekonvalescence
LCM	19 dní
LCA	236 dní
LCP	37 dní
Menisky	5 dní

Úrazy kolenního kloubu byly t nejčastějším poraněním u hráček sedmičkového ragby ve Spojených státech amerických během soutěžních sezón 2010–2013. Úrazy dolní končetiny tvořily až 45 % všech zranění. Úrazy vznikaly nejčastěji při skládce u hráček, které byly skládané (Richard, 2016). Také další autoři (Cruz-Ferreira et. al., 2016; Dallalana, Brooks, Kemp, & Williams, 2007; Levy, Wetzler, Lewars, & Laughlin, 1997) uvádí, že úrazy dolních končetin jsou nejčastějším zranění v Ragby Union. Dále dodávají, že incidence poranění kolenního kloubu je vyšší v porovnání s jinými kontaktními sporty jako jsou např. fotbal a americký fotbal.

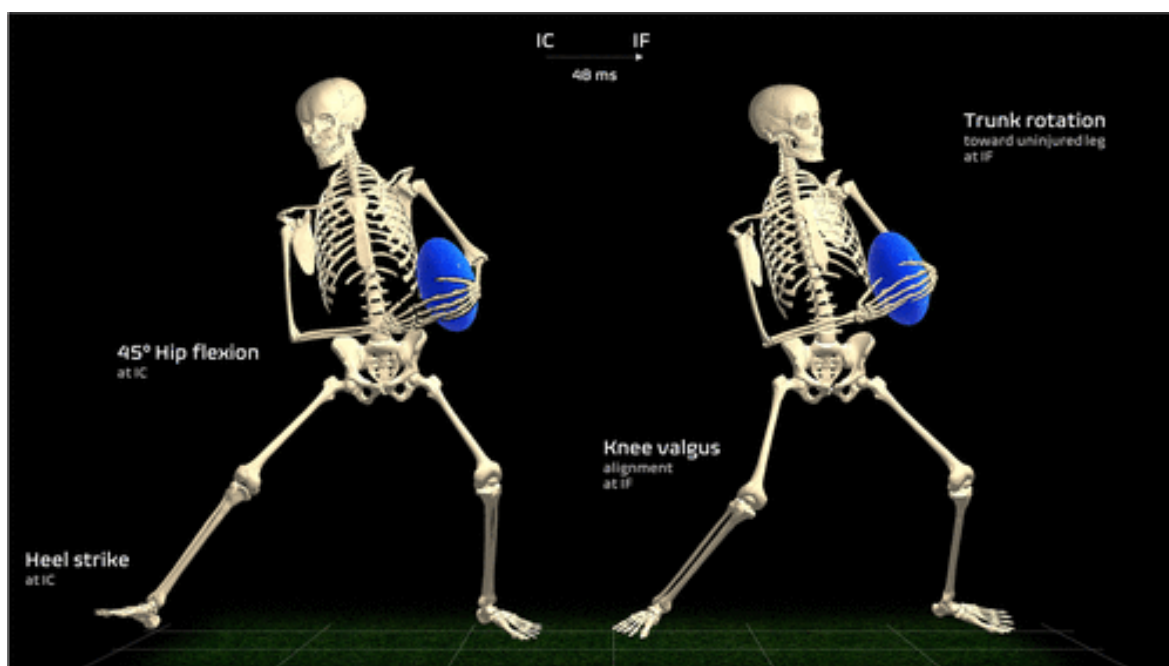
### 2.2.2. Zranění LCA v ragby

Mezi nejpočetnější zranění ve sportu patří poranění LCA, kdy k lézi dochází nejčastěji při násilné abdukci a zevní rotaci bérce. Následkem poškození LCA, které je až ze 2 % tvořeno proprioceptory, může nastat situace tzv. „kloubní slepoty“. Kdy je pozměněna či téměř ztracena aferentní informace z LCA, což se projeví opožděnou reakcí svalů, sníženou koordinací a neoptimální timingem v zapojování dynamický stabilizátorů v motorickém vzoru. V případě těchto poruch kolenního kloubu v praxi často vidáme větší progresi degenerativních změn (Honová & Procházka, 2015).

Poranění LCA tvoří 3-5 % u mužské a 4,9 % u ženské populace. V rámci profesionálního ragby představují zranění LCA nejvyšší zátěž vzhledem k zameškaným dnům. I když se až 90 % hráčů po rekonstrukci LCA vrací zpátky do hry, tak jsou neustále výrazně ohroženi opětovným zraněním LCA. Až v 70–80 % je poškození LCA způsobeno bez vnějšího zavinění (Gordon et al., 2014). Autoři Montgomery et al. (2016) uvádí, že poranění LCA v ragby vzniká až o 56 % častěji při kontaktu v porovnání s jinými

kolektivními sporty např. házená či basketbal, u kterých je častější vznik bezkontaktního poranění LCA. Skládka je nejčastější herní situací v ragby, kdy dochází k poranění LCA.

Nicméně v nejnovější studii Della Villa et al. (2021) uvádí, že ze 68 % došlo ke zranění LCA u profesionálních hráčů bez přímého kontaktního mechanismu. Bezkontaktní poranění LCA v ragby vzniká nejčastěji během kličky do strany (z anglického side-stepping manoeuvre), kdy je iniciální kontakt se zemí veden přes patu a při dokončení kličky je postavení kolenního kloubu ve značné valgozitě. Při této situaci často dochází k poranění do 40 milisekund od počátečního kontaktu (Obrázek 2 a Obrázek 3). Dále bylo vyzorováno, že hráči, u kterých vzniklo poranění LCA bez vnějšího zavinění měli menší úhel flexe v kolenní kloubu a menší úhel dorsální flexe v hlezenním kloubu ve srovnání s kontrolní skupinou. Souhrnně lze říct, že v rámci prevence bezkontaktního zranění LCA je důležitá pohybová strategie v sagitální rovině, jelikož menší flexe kolenního kloubu zejména při 30° a případně postavení kolenního kloubu blízké se plné extenzi představují vysoce rizikovou polohu kolenního kloubu pro vznik zranění LCA.



Obrázek 2. Biomechanický model se vzorem zatížená kolena v sagitální rovině doprovázený dynamickou valgozitou (Upraveno dle Della Villa et al., 2021).



Obrázek 3. Situace „klička stranou“ vedoucí k bezkontaktnímu poranění LCA. A – prvotní kontakt se zemí přes patu; B – výrazná valgotizace kolenního kloubu při konečné fázi kličky (Upraveno dle Montgomery et al., 2016).

### 2.3. Rizikové faktory zranění LCA u žen

Četnost poranění LCA se v České republice pohybuje mezi 3000 až 4000 za rok. Ve Spojených státech amerických je incidence poranění LCA až 250 tisíc úrazů za rok. Právě porozumění rizikových faktorů a mechanismů poranění LCA je správnou cestou za co nejefektivnější prevencí poranění kolenního kloubu a vzniku nejkvalitnější preventivních programů. Protože jediné tak bude možné snížit vysokou incidenci poranění LCA ve světě sportu, ale i u běžných jedinců (Honová & Procházka, 2015; Brophy, Silvers, Gonzales, & Mandelbaum, 2010).

U ženského pohlaví je riziko ruptury LCA až 8krát větší než u mužského pohlaví a průměrně 1 z 10 sportovkyň zažije poranění LCA (Balachandar et al. 2017; Horsley & Herrington, 2016). Nejen častějším poraněním LCA, ale i patelární tendopatií, tzv. skokanským kolenem, a iliotibiálním syndromem jsou ženy ohroženy více než muži (Dugan, 2005).

Faktory, které přispívají k riziku vzniku poranění kolenního kloubu můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. Se zraněním v mnoha případech hlavně u mladších jedinců souvisí kombinace obou těchto faktorů. Vnější faktory úzce korelují s konkrétním sportem, herním postem, herním povrchem, sportovní výbavou, teplotou, popřípadě sportovně-specifickým prostředím a nejsme schopni je výrazně ovlivnit (Renstrom et al., 2008). Mezi vnitřní faktory u ženské populace se řadí specifické anatomické, biomechanické, neuromuskulární a hormonální faktory a nižší celková svalová síla (Obrázek 4) (Mayer & Smékal, 2004). Autoři Hansen et al. (2009) a Hewett, Myer, a Ford (2006) uvádí, že hlavním důvodem dvojnásobně vyššího rizika bezkontaktního poranění LCA u žen ve srovnání s muži jsou zejména vnitřní faktory zmiňované výše.

Autoři Dai et al. (2012) rozdělují faktory na nemodifikovatelné a modifikovatelné. K faktorů, které nejsme schopni ovlivnit zařazujeme pohlaví, anatomické struktury, hormonální stav (preovulační fáze bez užívání antikoncepce), infekční onemocnění, pes pronatus valgus, věk či genetické faktory. Mezi modifikovatelné zařazujeme neuromuskulární faktory.

<p><b>Hormonální faktory:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ poměr progesteron/estrogeny (elasticita a vyzrávání kolagenu),</li> <li>○ exogenní látky s estrogení aktivitou,</li> <li>○ androgeny (pevnost a diferenciací vaziva, celková kondice),</li> <li>○ dekonidice po graviditě,</li> <li>○ kortikoterapie, stres, poruchy cyklu, poruchy imunity,</li> </ul>
<p><b>Anatomické a biomechanické faktory:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ větší antevertze krčku femuru,</li> <li>○ větší Q úhel (úhel „valgozity“),</li> <li>○ menší interkondylárního prostoru,</li> <li>○ častější dislokace pately,</li> <li>○ větší zevní rotace tibie, pronačním postavení nohy,</li> <li>○ vyšší laxita vazivové tkáně,</li> </ul>
<p><b>Neuromotorické faktory:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ nedostatečná aktivace hamstringů,</li> <li>○ celkově slabší preaktivace stabilizačních svalů,</li> <li>○ pomalejší reakční časy.</li> </ul>

Obrázek 4. Rizikové faktory poranění měkkých struktur kolenního kloubu u žen (Upraveno dle Mayer & Smékal, 2004).

### 2.3.1. Potencionální rizikové hormonální faktory

Ženy jsou od pubescentního období ohroženy poraněním kolenního kloubu více než muži, což je z velké míry ovlivněno působením ženských pohlavních hormonů, jejichž hladina se mění v průběhu menstruačního cyklu. Mezi klíčové hormony, které mají vliv na elasticitu pojivových tkání kolenního kloubu řadíme estrogen, progesteron a relaxin (Roztočil & Bartoš, 2011). Khowailed et al. (2015) dodávají, že hladina pohlavních hormonů má vliv i na neuromuskulární kontrolu a svalovou tkáň kolenního kloubu. Tiidus (2016) uvádí, že ve svalovém systému hraje estrogen významnou ochrannou roli, kdy jeho působení na svalové membrány snižuje poškození svalových vláken při nepřiměřené zátěži a snižuje zánětlivé reakce na poškození svalové tkáně a dále aktivuje reparační procesy. Je potvrzeno, že koncentrace estrogenů v plazmě negativně ovlivňuje pevnost šlacho–svalových komponentů (Bell et al., 2012). Autoři Herzberg et al. (2017) uvádí, že ženy s větší koncentrací relaxinu jsou až 4krát více ohroženy poranění LCA v porovnání s muži,

u kterých tento efekt relaxinu nenacházíme, jelikož u nich dochází jen k malé produkci relaxinu v porovnání s ženami.

### **2.3.1.1. Vliv pohlavních hormonů na pojivovou tkáň**

V pojivové tkáni lidského těla nacházíme receptory pro estrogen, progesteron a relaxin. Tyto receptory můžou mít výrazný vliv na elasticitu fascií a dalších vazivových struktur v různých fázích menstruačního cyklu (Lee, Petrofsky, Daher, Berk, & Laymon, 2014). Právě receptory pohlavních hormonů by mohly být tím hlavním důvodem, proč ženy jsou vystaveny myofasciálním potížím více než muži (Fede et al., 2016).

Ve fibroblastech pojivových tkání jsou uloženy receptory pro estrogen, který negativně ovlivňuje syntézu kolagenu a extracelulární matrix, opačný efekt na syntézu kolagenu má progesteron (Fede et al. 2016). S těmito informacemi souhlasí autoři Beymonn et al. (2006) a Lee et al. (2015), kteří uvádí, že vysoká hladina estrogenu a nízká hladina progesteronu zvyšují riziko poranění LCA. Stijak et al. (2015) uvádí, že koncentrace progesteronu a estrogenu byla vyšší u žen, které proděly poranění LCA oproti ženám s neporaněným LCA. Oliva et al. (2016) uvádí, že vlivem pohlavních hormonů, které neustále ovlivňují metabolismus kolagenu jsou ženské šlachy schopny hůře odolávat mechanickému zatížení ve srovnání s muži.

U postmenopauzálních žen často pozorujeme estrogen-deficitní syndrom. Hladina progesteronu klesá dříve než hladina estrogenu. Deficit estrogenu má výrazný vliv na zvýšenou fibrotizaci, což výrazně ovlivňuje napětí fasciální tkáně. Zvýšené napětí fasciální tkáně zvyšuje senzitivitu fasciálních nociceptorů, což následně způsobuje zvýšení tuhosti svalové tkáně a bolest (Lee et al. 2015).

### **2.3.1.2. Vliv fází menstruačního cyklu na riziko poranění kolenního kloubu**

Menstruační cyklus je označení pro pravidelné cyklické změny v ženském organismu, jejichž cílem je připravit vhodné podmínky pro vývoj oplozeného vajíčka. Je důležité zde zmínit, že na základě lokalizace rozdělujeme cyklus ovariální, děložní a vaginální. Každopádně ve vztahu k riziku poranění kolenního kloubu je pro nás důležitý ovariální cyklus, který je ovlivněn kolísáním hladiny estrogenu a progesteronu, které mají výrazný vliv na syntézu kolagenu. Ovariální cyklus se rozděluje na fázi folikulární, ovulační a luteální (Roztočil & Bartoš, 2011).

Jako nejrizikovější vzhledem k nejvyšším hladinám estrogenu, který výrazně negativně ovlivňuje tuhost LCA, se popisuje fáze předovulační a ovulační. Incidence

poranění LCA během ovulačního cyklu tedy není náhodná, ale velmi úzce souvisí s ovulační fází (Schultz et al., 2012). Na podkladě skokových změn koncentrací pohlavních hormonů pozorujeme během předovulační a ovulační fáze zvýšenou laxitu LCA. Užívání hormonální antikoncepce u žen má velký význam v prevenci zranění kolenního, což je způsobeno hlavně díky stálé hladině pohlavních hormonů (Adachi et al., 2008; Herzberg et al., 2017). Vzhledem k biomechanice dopadu je velmi riziková zvýšená anteriorní kloubní laxita kolenního kloubu, která je nejvyšší v předovulační fázi a je spojena s valgizací a zevní rotací kolenního kloubu při doskocích, což zvyšuje riziko poranění LCA (Balachandar et al., 2017).

### **2.3.1.3. Vliv pohlavních hormonů na neuromuskulární kontrolu kolenního kloubu**

Narušená funkce neuromuskulární kontroly kolenního kloubu je jedním z faktorů, které mají výrazný vliv na poranění kolenního kloubu. Hormon estrogen má vliv na metabolismus kolagenu nejen v pojivové tkáni, ale i na molekulární úrovni ve tkáni svalové, kde pozorujeme rozvolňování příčných můstků v kolagenních vláknech, což může mít negativní vliv na neuromuskulární kontrolu (Khowailed, Petrofsky, Lohman, Daher, & Mohamed, 2015). Ekdros et al. (2015) uvádí ve své studii přítomnost receptorů pro estrogen, progesteron v m. vastus lateralis, což může výrazně ovlivňovat nerovnoměrnou aktivitu mezi m. vastus medialis a m. vastus lateralis, což v kombinaci s nedostačující aktivitou m. semimembranosus a m. semitendinosus způsobuje sníženou kontrolu kolene ve frontální rovině, což vede ke zvýšenému riziku vzniku poranění kolenního kloubu (Myer et al., 2005).

### **2.3.2. Vliv pubescence a adolescence na zranění LCA**

Vágnerová (2012) definuje adolescenci jako období trvající od 10. do 20. roku života jedince. Tuto 10 let trvající etapu mezi dětstvím a dospělostí rozděluje na rannou adolescenci, též pubescenci, která u jedince probíhá mezi 11. až 15. rokem a pozdní adolescenci, která trvá po dosažení pohlavní zralosti následujících 5 let. Pubescence je brána jako důležitý mezník, kdy dochází k diferenciaci mezi dívkami a chlapci. Do nástupu puberty využívají obě pohlaví stejné motorické strategie k řešení funkčních pohybových úkonů a incidence zranění LCA je u obou pohlaví srovnatelná (Froehle, Grannis, Sherwood, & Duren, 2017).

Incidence poranění LCA se u sportovkyň zvyšuje po skončení pubescentního období. Vlivem první menstruace – menarché, která je hlavním indikátorem pubescence u ženského pohlaví, nastávají výrazné hormonální změny, které následně velmi ovlivňují

anatomické a biomechanické změny v těle ženy (Otsuki, Kuramochi, & Fukubayashi, 2014). Ranná adolescence před nástupem menarché je tedy „potencionální okno“, kdy lze nejnáze dosáhnout optimalizace rizika poranění LCA (Myer et al., 2013). Prevence zranění kolenního kloubu během adolescence by měla být prioritou všech trenérů mládežnických kategorií, jelikož poranění kolenního kloubu během adolescence výrazně zvyšuje riziko vzniku osteoartrózy (Otsuki, Benoit, Hirose, & Fukubayashi, 2021).

U dívek se během pubescence zvětšuje šířka pánve, což ovlivňuje postavení kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu, a tím se výrazně mění dynamické a biomechanické zatěžování dolní končetiny. Studie ukazují po nástupu puberty na zvýšenou valgozitu kolenního kloubu a sníženou flexi kolenních kloubů při dopadech u dívek ve srovnání s chlapci (Hewett et al., 2005). S nástupem menarché se u dívek mění metabolismus kolagenu a tím se jejich vazy stávají méně odolné oproti chlapcům, u kterých je syntéza kolagenu vyšší, a tedy pevnost vazů větší. Dívky během adolescentního období nevykazují dostatečnou neuromuskulární adaptaci na rychlý kosterní růst ve srovnání s dospívajícími chlapci, což v budoucnu výrazně ovlivňuje riziko vzniku poranění kolenního kloubu. Během puberty pozorujeme také skokový růst femuru a tibie, což výrazně mění páky sil působících na koleno. Během pubescence dochází ke změně polohy těžiště následkem nárůstu hmotnosti a výšky, což klade zvýšené nároky na dynamickou stabilizaci dolní končetiny. Často u dívek s dřívějším nástupem menarché pozorujeme valgózní postavení kolenních kloubů, chůzi o široké bázi, což je pozůstatek prepubertálních pohybových vzorců. Dřívější nástup pubescence tedy způsobuje rizikové biomechanické faktory pro vznik poranění LCA (Froehle et al., 2017; Otsuki, Kuramochi, & Fukubayashi, 2014).

### **2.3.3. Vliv kloubní laxity na zranění kolenního kloubu**

Velé (2006) definuje hypermobilitu jako stav, kdy rozsah aktivního či pasivního pohybu v kloubu přesahuje fyziologickou normu, což má za následek přetěžování svalových úponů, které mohou být časem ohroženy mikrotraumatizací. Hypermobilita vzniká na podkladě zvýšené laxity vazivových tkání a častěji jsou jí postiženy ženy a dívky od nástupu menarché. Rozlišujeme několik druhů hypermobility, nicméně pro účely této práce bude detailněji popsána konstituční hypermobilita (KH), která postihuje až 40 % ženské populace (Kolář, 2009). Janda (2001) popisuje KH jako kvalitativní vlastnost vaziva, která má výrazný negativní vliv na mechanickou stabilitu muskuloskeletálního systému, a to zejména v kloubech díky generalizovaně zvýšené laxitě vaziva.

Stabilitu kolenního kloubu zajišťují dynamické a statické stabilizátory. U jedinců s KH pozorujeme nedostatečnou funkci statických stabilizátorů díky zvýšené laxitě vaziva, což vede k nerovnoměrnému rozložení tlaků na kloubní ploše a decentraci kloubu. Z toho důvodu jsou lidé se zvýšenou laxitou vaziva ohroženi pozátěžovou bolestí, poraněním muskuloskeletálního systému a při dlouhodobém nepřiměřeném zatěžování kloubů také vznikem osteoartrózy (Simmonds & Keer, 2007). Zvýšená laxita vaziva je úzce spojena se sníženou propriocepcí z kloubních spojení, což výrazně zvyšuje riziko vzniku poranění měkkých kolenních struktur (Ferrell et al. 2004). Mimo zvýšený kloubní rozsah je častá u jedinců s KH bolest muskuloskeletálního systému, která vzniká u sportujících jedinců jako následek opětovného přetěžování měkkých tkání kvůli nedostatečné statické stabilizaci daného kloubu a poruše svalové koordinace (Booshanam et al., 2011).

U ženské populace ve srovnání s mužskou pozorujeme zvýšenou laxnost ve všech rovinách kolenního kloubu. V sagitální rovině popisujeme předozadní laxitu kolenního kloubu, často popisované jako genua recurvatum. Zvýšená laxita je popisována také v rovině transversální a frontální, kdy pozorujeme zvýšenou valgózu, varozitu, vnitřní a zevní rotaci kolenního kloubu, což jsou rizikové faktory pro vznik poranění kolenního kloubu. Ženy s KH mají sníženou schopnost aktivace hamstringů v porovnání s ženami bez KH. U žen má na laxitu vaziva výrazný vliv hladina estrogenu v krvi během menstruačního cyklu, jelikož estrogen inhibuje syntézu kolagenu, který odpovídá za kvalitu pevnosti vaziva (Schultz et al., 2012).

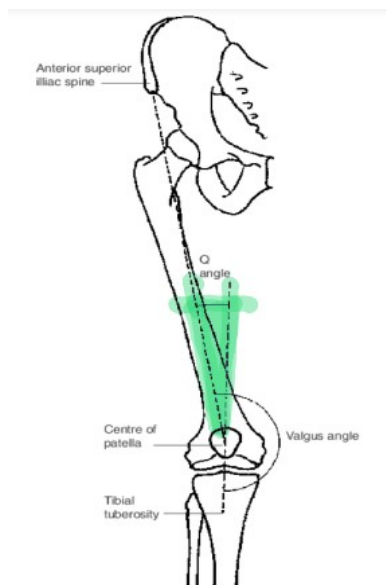
#### **2.3.4. Anatomické rizikové faktory**

Jedním z často popisovaných anatomických rizikových faktorů je Q-úhel (úhel m. quadriceps femoris), který určuje valgózní postavení kolenního kloubu – čím větší Q-úhel tím větší valgózní úhel kolenního kloubu. Popisujeme ho mezi linií spojující spina iliaca anterior superior se středem patelly a linií spojující tuberositas tibie a středem patelly (Obrázek 4) (Dylevský, 2009).

Ženská populace má ve většině případů větší Q–úhel než populace mužská. Na velikost Q–úhlu u žen má vliv několik anatomický a biomechanických faktorů (Brotzmann, 2018; Carreiro, 2009; Nguyen et al., 2009):

- laterální posun spina iliaca anterior superior et inferior (rozšiřování pánve) vůči kolennímu kloubu vlivem hormonálních změn během pubescence,
- kratší délka stehenní kosti, menší tělesná výška,
- zvýšené napětí m. tensor fasciae latae a oslabení m. gluteus medius,
- anteverzní postavení krčku stehenní kosti a pánve,
- větší tibiofemorální úhel,
- plochonoží, pronační postavení nohy a zevně rotovaná tibia.

Ženský kolenní kloub je tedy vystaven rizikovému valgóznímu zatížení kolenního kloubu, což je rizikový faktor pro vznik nekontaktního poranění LCA, vznik patelofemorálního syndromu a patelární subluxaci a dislokaci (Livingston & Spauling, 2002). Dungal (2004) uvádí jako fyziologickou velikost Q–úhlu  $11\pm 3^\circ$  u mužské populace a  $16\pm 4^\circ$  u ženské populace. Gross (2015) uvádí jako rizikovou velikost úhlu od  $15^\circ$  u žen a mezi  $8-10^\circ$  u mužů.



Obrázek 5. Q–úhel (Upraveno dle Hughes & Watkins, 2006)

Dalším rizikovým faktorem ženského pohlaví je šířka interkondylického prostoru, který je v porovnání s mužským pohlavím užší. U žen pozorujeme tzv. stenózu úponového pole LCA, které je během rizikových pohybů – zevní rotaci a abdukci holenní kosti více

drážděno a tím se zvyšuje riziko vzniku úrazu kolene (Hartl & Špičák, 2010; Hoteya et al., 2011). Studie autorů Uhorchak et al. (2003) uvádí, že ženy s menším interkondylární prostorem v průměru 15,6 mm měli během čtyř letého sledování 2krát větší počet bezkontaktních poranění LCA ve srovnání s muži, kteří měli průměrnou hodnotu šířky interkondylárního prostoru 17,7 mm.

Pro pochopení rizik pro vznik poranění kolenního kloubu u ženské populace je důležité směřovat pozornost nejen na anatomické faktory kolenní kloubu, ale i na struktury okolo něj - kyčelní a hlezenní kloub a hluboký stabilizační systém (Petersen et al., 2014).

### **2.3.5. Neuromuskulární a biomechanické rizikové faktory**

Neuromuskulární a biomechanické rizikové faktory jsou velmi klíčové v rámci prevence poranění LCA. Tyto faktory jsme schopni vhodnou intervenční strategií výrazně ovlivnit, na rozdíl od anatomických a hormonálních faktorů (Ahmad et al., 2016). Renstrom et al. (2008) zařazuje mezi modifikovatelné faktory valgózní postavení kolenního kloubu, svalové dysbalance a stranové dominance, nesprávnou trupovou stabilitu, svalovou únavu, svalové a nervosvalové akce flexorů a extenzorů kolenního kloubu a další.

Neuromuskulární kontrola je u žen a mužů odlišná. Hlavní pohlavní rozdílem je odlišná strategie v zapojování dynamických stabilizátorů kolenního kloubu. U ženské populace pozorujeme preferenční zapojování m. quadriceps femoris před hamstringy, které aktivují až o 50 ms pomaleji než muži. což výrazně zvyšuje anteriornímu posun tibie vůči femuru a tím i napětí LCA. Pro sportovkyně je tedy charakteristická snížená hodnota funkčního H/Q poměru ve srovnání s mužskými sportovci. Bylo zjištěno, že ženy mají tendenci při rychlých změnách směru pohybu více aktivovat m. vastus lateralis v porovnání s muži, kteří více zapojují m. vastus medialis. Vzhledem k tomu, že abdukce kolenního kloubu je dobře známým rizikovým faktorem pro vznik bezkontaktního poranění LCA, tak lze očekávat, že kombinace zvýšené aktivity m. vastus lateralis a opožděná aktivace antagonistických hamstringů, riziko poranění značně zvyšuje. Při rychlých změnách a dopadech na jednu dolní končetinu pozorujeme u žen zvýšenou flexi a lateroflexi trupu, což značí nedostatečnou trupovou stabilizaci. U žen popisujeme také sníženou aktivitu m. gluteus medius, což výrazně snižuje laterální stabilitu pánve. U žen je také prokázán nepoměr mezi aktivitou m. semitendinosus a m. semimebranosus a m. biceps femoris, kdy je aktivita mediální části hamstringů výrazně snížena oproti části laterální, což v kombinaci se zvýšenou valgotizací kolenního kloubu zvyšuje riziko poranění LCA. Dalším výrazným

neuromuskulárním faktorem je snížená propiocepce u žen, díky čemuž u ženského kolene pozorujeme často nedostatečnou dynamickou stabilizaci kolenního kloubu a koleno je tak méně „citlivé“ na vnímání rizikových situací. Nedostatečná neuromuskulární kontrola se negativně projeví na biomechanice dopadu a zvyšuje tak riziko vzniku úrazu (Flaxman, Smith & Benoit, 2014; Mendiguchia et al., 2011; Rozzi, Lephart, & Gear, 1999; Zembis, Bencke, Andersen, Dossing, Alkjaer, & Magnuson et al., 2008).

#### **2.3.5.1. Únava jako rizikový faktor poranění LCA**

Každá činnost je doprovázena fyziologickou únavou, která se s postupně narůstající intenzitou může změnit v únavu patologickou – akutní (přetížení nebo přepětí) a chronickou (přetrénování). Postupná kumulace únavy se na stabilitě kolenního kloubu při dopadech projevuje sníženou propiocepcí, zpožděnou reakcí hamstringů, sníženou svalovou tuhostí, zvýšenou translací tibie, zvýšenou valgotizací a sníženou flexí kolenního kloubu. Neuromuskulární kontrola kolenního kloubu je tedy negativně ovlivňována postupně narůstající únavou, která je významným rizikovým faktorem vzniku poranění LCA (Hůlka, Lehnert & Bělka, 2017; Chappell et al., 2005; Máček & Radvanský, 2011).

## 2.4. Biomechanika dopadu u ženské populace

Biomechanika dopadu po výskoku je složena z pohybů segmentů lidského těla, které mají za cíl absorbovat, rozptýlit mechanickou energii a snížit účinek nárazových sil. Ve vztahu ke kolennímu kloubu hrají důležitou roli trup a klíčové klouby dolní končetiny tedy hlezenní, kolenní a kyčelní kloub. Pro úspěšné zvládnutí dopadu je důležitá dynamická stabilizace, která má za cíl udržovat centraci klíčových kloubů a zabraňovat nepřiměřenému zatížení vazů. K dynamické stabilitě kloubu řadíme veškeré neuromuskulární vztahy a kvalitu pasivních struktur (Devita & Skelly, 1992; Flaxman, Smith & Benoit, 2014).

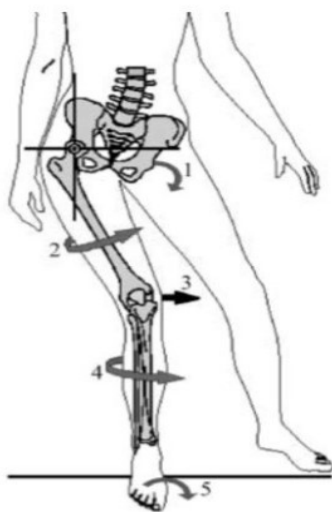
K zásadnímu rozdílu v biomechanice dopadu u žen dochází během puberty. Bylo zjištěno, že dívky v postpubertálním věku dopadají s menší flexí kolenního kloubu v porovnání s dívkami před pubertou (Tsai et al., 2017). Během dopadu po výskoku je důležité se menším úhlem flexe kolenního kloubu vyhýbat, protože menší úhly flexe kolenního kloubu jsou spojovány s častějším poraněním LCA (Leppänen et al., 2017; Southard, Kernozek, Ragan, & Willson, 2012). Myer et al. (2004) popisují, že pokud je při dopadu velikost úhlu flexe kolenního kloubu v rozmezí 0–30°, tak je díky kontrakci m. quadriceps femoris přítomný výrazný anteriorní posun tibie, což má výrazný vliv na zatížení LCA. Autoři Southard et al. (2012) doplňují, že větší flexe kolenního kloubu usnadňuje hamstringům působit jako synergisté LCA a tím snižovat jeho napětí a riziko poranění.

Kromě toho, že flexe kolenního kloubu v rozpětí 0–30° způsobuje nepřiměřené napětí LCA v sagitální rovině, tak dopady s více extendovanými kolenními klouby mohou výrazně ovlivnit zatížení v dalších rovinách. V rovině transversální může docházet ke zvýšené vertikální síle působící na kolenní kloub a tím výrazně zvyšovat kompresi kloubních struktur a vyvolat až vnitřní rotaci tibie, což vede ke zvýšenému napětí LCA (Kernozek & Ragan, 2008). V rovině frontální může být snižena flexe kolenního kloubu spojena se zvýšenými abdukčními momenty kolene, což je jeden z rizikových faktorů poranění LCA (Pollard, Sigward, & Powers, 2010).

Biomechanika dopadu je u mužské a ženské populace odlišná (Chappell et al., 2006). Autoři Petersen et al. (2014) uvádí termín „vnitřní kolaps kolenního kloubu“ (Dynamic Knee Valgus, DKV), což lze chápat jako patologické dynamické postavení kolenního kloubu, které často pozorujeme při dopadu u žen, vzniklé jako důsledek funkčních poruch dolní končetiny (Obrázek 6). DKV popisují autoři Brophy, Silvers, Gonzales a Mandelbaum

(2010) při doskocích a dopadech. U ženské populace je patrná snížená laterální stabilita pánve na podkladě opožděné aktivace m. gluteus medius, snížená a opožděná aktivita hamstringů, menší úhel flexe u kyčelního a kolenního kloubu, valgózní postavení v kolenním kloubu a pronace v subtalárním kloubu. Balachandar (2017) a Lima et al. (2018) ještě doplňují, že je v mnoha případech při dopadu přítomna omezená dorsální flexe hlezenního kloubu, která má vliv na hyperpronační postavení v subtalárním kloubu, což se následně projevuje patologickou biomechanikou dolních končetin jako zvětšená addukce a vnitřní rotace v kyčelním kloubu spolu s vnitřní rotací tibie. Všechny tyto faktory se výrazně podílejí na vzniku poranění LCA.

Zatímco výše uvedené biomechanické rizikové faktory lze považovat za obecné napříč všemi věkovými skupinami, nezdá se, že by se specifické genderové rozdíly objevily dříve než po pubertě, kdy se zřetelné rozdíly mezi pohlavími v biomechanice dopadu stanou patrnými (Hewett, Myer, & Ford, 2004; Quatman & Hewett, 2006).



Obrázek 6. DKV – 1. Pokles pánve na kontralaterální straně, 2. vnitřní rotace stehenní kosti, 3. valgózní postavení kolenního kloubu, 4. vnitřní rotace holenní kosti 5. pronační postavení nohy (Powers, 2003)

Kombinace nedostatečné neuromuskulární kontroly a nesprávné biomechaniky dolní končetiny vede k vysokému riziku poranění LCA zejména při rychlých změnách pohybů a doskocích. Autoři Hewett, Ford, Hoogenbood a Myer (2010) popisují čtyři neuromuskulární „dysbalance“, které mají výrazný vliv na riziko poranění LCA – končetinová, ligamentová, trupová dominance a dominance m. quadriceps femoris. Končetinová dominance je popisována u žen při doskocích a rychlých změnách pohybů, kdy bývají dominantnější na jedné dolní končetině než muži. Silová asymetrie mezi dominantní a nedominantní končetinou, klade zvýšené nároky na nedominantní končetinu a dle autorů ovlivňuje momenty sil na nedominantní končetině, s čím souvisí vysoký počet bezkontaktních poranění LCA u žen. Trupová dominance je popisována jako zvýšená flexe a lateroflexe trupu při doskocích, kdy snížená proximální kontrola těla způsobená sníženou trupovou stabilizací, potenciálně přispívá k rizikovému zatížení kolenního kloubu. Ligamentová dominance je u žen popisována jako absorpce sil, které působí na koleno, pomocí statických stabilizátorů kolenního kloubu, což potvrzují i autoři Mayer a Smékal (2004), kteří uvádí, že se ženské koleno spoléhá spíše na pasivní struktury kolenního kloubu. Dominance m. quadriceps femoris je autory popisována při dopadu, kdy ženy vykazují menší úhly flexe kolenního kloubu než muži a primárně stabilizují koleno pomocí m. quadriceps femoris, což má vliv na riziko vzniku poranění LCA.

Autoři Devita a Skelly (1992) a Leppänen et al. (2017) rozlišují v závislosti na maximální flexi v kolenním kloubu dva druhy dopadu:

- **Měkký dopad** – doprovázen většími úhly flexe v kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu a dostatečným absorbováním mechanické energie, díky čemuž pozorujeme snížené zatížení pasivních stabilizátorů.
- **Tvrký dopad** – doprovázen sníženou flexí v kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu a nedostatečným absorbováním mechanické energie, a tedy výrazně rizikový v souvislosti s poraněním LCA.

#### **2.4.1. Hodnocení biomechaniky dopadu**

Pokud má být dosaženo snížení incidence poranění LCA, tak je nutné pochopit a identifikovat ovlivnitelné chybné pohybové vzorce. Jedině tak může být dosaženo realizace specifických intervencí zaměřených na prevenci zranění LCA (Myer, Ford, & Hewett, 2005). Pro zachycení jedinců ohrožených vysokým rizikem bezkontaktního poranění, je vhodné mít „nástroj“ pro detekování rizikových pohybových vzorců. Jednou

z možností je škála hodnotící biomechanickou kvalitu dopadu (Landing Error Scoring System (LESS), která také může u jedinců po plastice LCA poskytnout užitečné informace při rozhodování o jejich návratu do plné sportovní zátěže, popřípadě identifikovat oblast zaměření pozornosti při fyzioterapii (Bell et al., 2014; Padua et al., 2009). LESS testovací set je složen z motorického testu a hodnotící škály obsahující 17 položek, které hodnotí různé parametry dopadu. Dle autorů je klíčová hodnota 5 bodů. Pokud je hodnota nižší než 5 bodů, tak je výkon propanda hodnocen jako dobrý a riziko poranění LCA je nižší, výkon nad 5 bodů je hodnocen jako slabý tedy riziko poranění LCA je vyšší. Podrobně popisují LESS škálu v kapitole 4.4. Pro tuto studii, která je součástí IGA\_FTK\_2021\_008 Vliv programu KneeRugbyWomen na indikátory rizika zranění kolenního kloubu u ragbistek starších 15 let, je použit motorický test vertikální skok odrazem jednož s protipohybem (Single Leg Counter Movement Jump, SLCMJ). Podrobně popisují SLCMJ v kapitole 4.3.

### **3 CÍLE A HYPOTÉZY**

#### **Cíl práce**

Cílem diplomové práce je porovnat biomechaniku dopadu po výskoku jako indikátoru rizika zranění LCA před a po absolvování 12týdenního tréninkového programu KneeRugbyWomen u ragbistek starších 15 let.

#### **Hypotéza**

H1: Absolvování 12týdenního programu KneeRugbyWomen signifikantně snižuje hodnoty LESS škály.

*Kritéria pro potvrzení hypotézy:*

Hypotéza bude potvrzena, pokud dojde po absolvování 12týdenního tréninkového programu k signifikantnímu poklesu hodnot LESS škály u experimentální skupiny v porovnání s kontrolní skupinou.

#### **Výzkumná otázka**

Budou před i po absolvování programu KneeRugbyWomen hodnoty LESS škály u obou skupin za rizikovou hranicí hodnoty 5 bodů znamenající zvýšené riziko poranění LCA?

## 4 METODIKA

Diplomová práce je součástí projektu IGA\_FTK\_2021\_008 Vliv programu KneeRugbyWomen na indikátory rizika zranění kolenního kloubu u ragbistek starších 15 let. Pro účely této diplomové práce byly využity výsledky hodnocení biomechaniky dopadu pomocí testu SLCMJ pro zjištění parametrů LESS škály. Dále byl součástí projektu test pěti opakovaných vertikálních skoků pro zjištění reaktivního silového indexu, test dvaceti opakovaných submaximálních skoků pro zjištění tuhosti dolních končetin a 505 agility test pro zhodnocení rychlosti se změnou směru. Tento projekt byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (Příloha 1). Před zahájením výzkumu byli všichni účastníci, případně jejich zákonní zástupci informováni o metodice měření a cílech studie. Souhlas s účastí na studii a využití získaných dat pro vědecké účely byl potvrzen podpisem informovaného souhlasu (Příloha 2)

### 4.1. Design studie

Výzkum byl prováděn formou jednofaktorového experimentu, který hodnotil změny v charakteristických parametrech biomechaniky dopadu u hráček sedmičkového ragby. Jako nezávislá proměnná (experimentální faktor) byl zvolen intervenční tréninkový program KneeRugbyWomen a jako závislá proměnná LESS škála.

### 4.2. Výzkumný soubor

Do výzkumného souboru bylo zařazeno 24 amatérských hráček sedmičkového ragby české ragbyové ligy, které v roce měření dosáhly minimálně 15 let. Horní věková hranice nebyla určena, musela být však splněna podmínka účasti ragbistky v dospělých soutěžích. Soubor byl rozdělen na experimentální skupinu, jež obsahovala 12 hráček, a kontrolní skupinu se stejným počtem hráček. Pro rozdělení byla využita bloková randomizace, kde byl kritériem kalendářní věk. Základní charakteristika skupin je uvedena v Tabulkách 5 a 6. Pro zařazení do výzkumného souboru musí být splněny tyto podmínky:

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

Tabulka 5. Charakteristika hráček experimentální skupiny (n = 12)

<b>Základní parametry</b>	<b>M</b>	<b>Mdn</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
<b>Věk (roky)</b>	20,05	17,90	15,83	28,43	4,43
<b>Výška (cm)</b>	166,54	167,50	158,00	171,00	4,46
<b>Hmotnost (kg)</b>	64,65	63,65	56,00	76,00	6,44

*Vysvětlivky:* M – průměr, Mdn – medián, Min – minimum, Max – maximum, SD – směrodatná odchylka.

Tabulka 6. Charakteristika hráček kontrolní skupiny (n = 12)

<b>Základní parametry</b>	<b>M</b>	<b>Mdn</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>SD</b>
<b>Věk (roky)</b>	20,04	18,10	14,61	29,44	4,88
<b>Výška (cm)</b>	166,83	169,00	154,00	176,00	7,30
<b>Hmotnost (kg)</b>	69,83	66,70	55,00	98,50	12,84

*Vysvětlivky:* M – průměr, Mdn – medián, Min – minimum, Max – maximum, SD – směrodatná odchylka.

### 4.3. Metodika sběru dat

Hráčky absolvovaly testování před tréninkovou intervencí a na konci tréninkové intervence po 12 týdnech. Využit byl motorický test SLCMJ. Dopad hráčky byl snímán v sagitální rovině a ve frontální rovině dvěma videokamerami (SONY HXRMC2000, SONY, Japonsko; SONY HXR-NX5E, SONY, Japonsko). Z videozáznamů byly následně vybrány snímky, které byly vyhodnoceny pomocí „Landing Error Scoring System“ (LESS). Výstupem hodnocení biomechaniky dopadu u každé hráčky je LESS skóre (DiStefano et al., 2015; Padua et al., 2009). Na začátku testování byly zjišťovány také antropometrické ukazatele, tělesná hmotnost pomocí InBody770 (MedSystem, Česká republika) a tělesná výška měřená pomocí stadiometru A-226 (Trystom, Česká republika).

Dva týdny před zahájením testování probíhala familiarizace, kde byly hráčky seznámeny s jednotlivými testy a průběhem testování. Před testováním proběhlo adekvátní rozcvičení, shodné pro všechny účastnice výzkumu, které obsahovalo rušnou a mobilizační část i dynamické protažení.

Motorický test SLCMJ sloužil k zjištění parametrů LESS škály. Před začátkem sdělila probandka své jméno, a poté na místě vyznačeném pro odskok vyčkala v klidu aspoň 3 sekundy. Probandky měly celkově 4 pokusy, z toho byl 1 cvičný a 3 hodnocené, které byly následně zaznamenány na videokamery. Před všemi pokusy bylo probandkám zdůrazněno, aby se snažily vyskočit co nejvýše. Po pokynu „PŘIPRAV – MŮŽEŠ“ se hráčky po dvoukrokovém či jednokrokovém rozběhu odrazily jednož s cílem vyskočit co nejvýše a po výskoku dopadly na obě nohy do místa na zemi vyznačeného páskou. Test byl prováděn třikrát s pauzou dvě minuty mezi pokusy.

#### **4.4. Metodika zpracování dat**

Pro vyhodnocení biomechaniky dopadu byly použity videozáznamy, které byly dále hodnoceny v programech Kinovea (verze 0.8.15, otevřený zdroj), který byl využit pro přehrávání videí a pořízení hodnotících fotografií a ImageJ (Wayne Rasband, National Institute of Health, Maryland, USA), který sloužil k měření úhlů a vzdáleností daných hodnocených segmentů. Z každého pokusu byly pořízeny snímky v sagitální a frontální rovině. Pro hodnocení v sagitální rovině byly zaznamenávány dva snímky (z okamžiku iniciálního kontaktu a z okamžiku maximální flexe v kolenním kloubu). Pro hodnocení ve frontální rovině byly zaznamenávány tři snímky (z okamžiku iniciálního kontaktu, plného kontaktu chodidel se zemí a z okamžiku maximálního valgózního postavení kolenního kloubu testované dolní končetiny). Pořízené snímky byly následně vyhodnoceny pomocí škály hodnotící biomechaniku dopadu (Landing Error Scoring Systém, LESS) (Tabulka 7). LESS škála obsahuje 17 bodových položek, které hodnotí rizikové odchylky od fyziologického provedení dopadu, tzv. errorů. Každá položka je ohodnocena 0 či 1 bodem, kdy 0 značí správné provedení sledovaného segmentu a 1 značí provedení chybné. Výjimku tvoří body 16 a 17, kde se hodnotí kvalita provedení dopadu, a nikoliv patologická odchylka. Tyto položky jsou hodnoceny následovně 0, 1, nebo 2 body. Dle autorů je klíčová hodnota 5 bodů. Pokud je hodnota nižší než 5 bodů, tak je výkon propanda hodnocen jako dobrý, výkon nad 5 bodů je hodnocen jako slabý (Padua et al., 2009).

Tabulka 7. Landing Error Scoring System (Upraveno dle Padua et al., 2009)

Položka LESS	Definice položek	Hodnocení
1. Úhel flexe kolene: IC	Koleno je v okamžiku IC flektováno více než 30°	0 = Ano 1 = Ne
2. Úhel flexe kyčle: IC	Kyčelní kloub je v okamžiku IC flektován, stehno není v linii s trupem	0 = Ano 1 = Ne
3. Úhel flexe trupu: IC	Trup je v okamžiku IC v předklonu, není kolmo k zemi nebo v záklonu	0 = Ano 1 = Ne
4. Plantární flexe v kotníku: IC	Dopadá-li chodidlo testované DK v pořadí špička – pata, tak je skóre ANO. Dopadá-li na celé chodidlo nebo v pořadí pata – špička, skóre je NE	0 = Ano 1 = Ne
5. Valgozita v koleni: IC	Vertikála spuštěná ze středu patelly k zemi prochází mediálně od chodidla v okamžiku IC	0 = Ne 1 = Ano
6. Lateroflexe trupu: IC	Trup je v okamžiku IC ukloněn vlevo či vpravo	0 = Ne 1 = Ano
7. Šířka postoje – široké	V okamžiku plného kontaktu chodidel se zemí je jejich vzdálenost od sebe je větší, než je šířka ramen. V případě vnitřně nebo zevně rotovaných chodidel se hodnocení provádí podle umístění pat	0 = Ne 1 = Ano

## Pokračování Tabulky 7

8. Šířka postoje – úzké	V okamžiku plného kontaktu chodidel se zemí je jejich vzdálenost od sebe je menší, než je šířka ramen. V případě vnitřně nebo zevně rotovaných chodidel se hodnocení provádí podle umístění pat	0 = Ne 1 = Ano
9. Pozice chodidla – vnitřní rotace	Chodidlo se nachází ve vnitřní rotaci větší než 30° kdykoliv od iniciálního kontaktu do okamžiku maximální flexe v koleni	0 = Ne 1 = Ano
10. Pozice chodidla – zevní rotace	Chodidlo se nachází v zevní rotaci větší než 30° kdykoliv od iniciálního kontaktu do okamžiku maximální flexe v koleni	0 = Ne 1 = Ano
11. Symetrický dopad chodidel	Pokud chodidla dopadají současně, skóre je ANO. Pokud nedopadají současně nebo jedno z nich dopadá v pořadí pata – špička, skóre je NE	0 = Ano 1 = Ne
12. Změna velikosti flexe v koleni	Změna velikosti flexe v koleni testované DK je větší než 45° (od IC do okamžiku maximální flexe v koleni)	0 = Ano 1 = Ne
13. Změna velikosti flexe v kyčli	Flexe v kyčelním kloubu se od IC do okamžiku maximální flexe v koleni zvětšila	0 = Ano 1 = Ne
14. Změna velikosti flexe v trupu	Flexe (předklon) v trupu se od IC do okamžiku maximální flexe v koleni zvětšila	0 = Ano 1 = Ne

## Pokračování Tabulky 7

15. Změna ve valgózním postavení kolene	V okamžiku maximálního valgózního postavení kolene prochází vertikála spuštěná ze středu česky palcem nebo mediálně od něj	0 = Ne 1 = Ano
16. Tvrдост dopadu	Změna flexe v koleni, kyčli a trupu od IC do okamžiku maximální flexe je velká – skóre je MĚKKÉ, změna je průměrná – skóre je PRŮMĚR a změna velmi malá – skóre je TVRDÉ	0 = Měkké 1 = Průměr 2 = Tvrde
17. Celkové hodnocení dopadu	Dopad je MĚKKÝ a ve frontální rovině nedochází k pohybu kolene testované DK – skóre je EXCELENTNÍ, dopad je TVRDÝ a dochází k pohybu kolene testované DK ve frontální rovině – skóre je SLABÝ a všechny ostatní dopady mají skóre PRŮMĚR	0 = Excelentní 1 = Průměr 2 = Slabý

---

*Vysvětlivky:* IC – iniciální kontakt, DK – dolní končetina

Výsledná hodnota LESS skóre byla stanovena podle nejlepšího pokusu z daného měření.

### 4.4. Preventivní program KneeRugbyWomen

Program KneeRugbyWomen probíhal 10 minut po úvodní části tréninkové jednotky po standardním rozcvičení, které absolvovaly experimentální i kontrolní skupina. Program byl prováděn hráčkami dvakrát týdně po dobu 12 týdnů pod dohledem instruovaného trenéra. Sestavený tréninkový program vychází z předchozích studií v kolektivních sportech (Kiani et al., 2010; De Ste Croix et al., 2018). Obsah programu a jeho realizovatelnost vzhledem k časovým nárokům byl rovněž konzultován a akceptován trenéry z klubů účastnících se výzkumu. Program se skládal z balančních, silových s využitím odporu pomocí posilovací gumy a plyometrických cvičení. Pro individualizaci programu byly využity čtyři úrovně provedení cvičení, nebo změna intenzity provedení. Vyšší úroveň cvičení byla podmíněna zvládnutím techniky předešlého cviku. Cvičení byla vybírána tak, aby zabránila vzniku svalových dysbalancí. Program KneeRugbyWomen je blíže specifikován

v Tabulce 8. Důležitou součástí výzkumu bylo správné provedení cvičení. Dva týdny před intervencí probíhala familiarizace, kde byly hráčky poučeny o správném technickém provedení jednotlivých cviků. Během intervence docházelo ke korekci prováděných cviků přítomnými trenéry.

Tabulka 8. Intervenční tréninkový program KneeRugbyWomen

Typ cvičení	Doba trvání	Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Úroveň 4
Balanční cvičení	30 s obě končetiny	Skrčit levou/ pravou přednožmo	Podřep přednožit dolů	Podřep postupně přednožovat a zanožovat	Podřep postupně přednožovat, zanožovat a unožovat
	30 s obě končetiny	Výpady	Výpady s rotací trupu	Výpady s váhou předklonmo	Výpady s váhou předklonmo a rotací trupu
Silová cvičení	1 min, případně 30 s obě končetiny	Most na lopatkách	Most na lopatkách s odporovou gumou nad koleny	Most na lopatkách na jedné noze	Most na lopatkách s posunem chodidel (walking bridge)
	30 s obě končetiny	Laterální zvedání dolní končetiny vleže naboku	Laterální zvedání dolní končetiny vleže naboku pokrčmo („škeble“)	Laterální zvedání dolní končetiny s odporovou gumou	Laterální zvedání dolní končetiny vleže naboku pokrčmo s odporovou gumou („škeble“)
	30 s	Podřep do výponu	Podřep do výponu nad koleny	Podřep do výponu s rezistenční gumou	
Plyometrická cvičení	30 s	Skoky snožmo dopředu a dozadu			
	30 s	Laterální skoky jednož			
	30 s	Laterální skoky jednož s rotací			
	30 s	Laterální skoky jednož křížmo			
	15 s obě končetiny	Poskoky jednož dopředu a dozadu			

*Poznámka.* Unilaterální cvičení probíhá v součtu obou končetin stejnou dobu cvičení bilaterálního.

#### **4.5. Statistická analýza dat**

Statistická analýza byla provedena pomocí softwaru Statistica, verze 12 (StatSoft, Tulsa, OK, USA). Normalita rozložení dat byla ověřena pomocí Kolmogorova-Smirnova testu. U sledovaných parametrů bylo užito popisné statistiky s využitím průměrů, směrodatných odchylek a variačních koeficientů. Pro ověření hypotézy byl využit Wilcoxonův párový test pro neparametrická data pro vnitroskupinové porovnání a Mann Whitney U test pro meziskupinové porovnání. Statistická významnost byla určena na hladině  $p = 0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY

Výsledky statistické analýzy LESS škály u hráček ragby jsou zaznamenány v Tabulce 8. Mann Whitney U test neprokázal rozdíl mezi skupinami u vstupního, ani u výstupního měření ( $p > 0,05$ ). Wilcoxonův párový test pro neparametrická data neprokázal statisticky významnou změnu u experimentální skupiny ( $Z = 1,579$ ;  $p = 0,114$ ), ani u kontrolní skupiny ( $Z = 0,533$ ;  $p = 0,594$ ). V absolutních hodnotách došlo u experimentální skupiny ke snížení hodnoty LESS skóre, u kontrolní skupiny naopak k nárůstu. Hráčky v experimentální skupině se pohybovaly pod rizikovou hranicí hodnoty 5 bodů LESS škály před i po absolvování tréninkového programu, což ukazuje na nižší riziko poranění v důsledku nesprávné biomechaniky dopadu, oproti kontrolní skupině.

Tabulka 8. Průměrné hodnoty LESS škály před a po absolvování KneeRugbyWomen programu

Skupina	Vstupní měření M ± SD	Výstupní měření M ± SD
Experimentální skupina	4,00 ± 1,41	3,25 ± 1,54
Kontrolní skupina	5,83 ± 1,03	6,00 ± 1,71

*Vysvětlivky:* M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka

## 6 DISKUZE

V rámci profesionálního ragby představují zranění LCA nejvyšší zátěž vzhledem k zameškaným dnům, ačkoliv se až 90 % hráčů po rekonstrukci LCA vrací zpátky do hry, tak jsou neustále výrazně ohroženi jeho opětovným poraněním (Awwad et al., 2019; Dallalana, Brooks, Kemp, & Williams, 2007). Proto je důležité v rámci prevence případně návratu po zranění vyhodnotit možné rizikové faktory jedince. Jednou z možností je využití LESS škály hodnotící kvalitu biomechaniky dopadu.

Doposud byly v ragby uplatněny preventivní programy, jako novozélandský RugbySmart či australský SmartRugby, které se zaměřovaly na zvýšení bezpečnosti kontaktních a technicky náročných situací typu skládka, mlýn a ruck a bezkontaktním poraněním se nevěnovaly (Brown, Verhagen, Knol, Van Mechelen, & Lambert, 2016; Gianotti, Quarrie, & Hume, 2009; Klügl et al., 2010). V současné době není v literatuře žádná studie, která by se zabývala preventivním programem se zaměřením na poranění LCA u hráček ragby. Oproti jiným ženským kolektivním sportům např. házená, basketbal, fotbal, u kterých dle literatury již studie zabývající se prevencí poranění LCA provedeny byly (Mandelbaum et al., 2005; Petersen et al., 2005; Zebis et al., 2016). Proto jsme si v této diplomové práci dali za cíl, zjistit vliv tréninkového programu KneeRugbyWomen na biomechaniku dopadu u žen starších 15 let. Nesprávná biomechanika dopadu je popisována jako primární rizikový faktor bezkontaktního poranění LCA (Beutler et al., 2009; Chappel et al., 2005).

### *Vliv tréninkového programu KneeRugbyWomen na hodnotu LESS škály*

V diplomové práci byla formulována hypotéza, zda absolvování 12týdenního programu KneeRugbyWomen signifikantně sníží hodnotu LESS škály. Výsledky této práce ukazují, že u hráček ragby starších 15 let nedošlo po absolvování KneeRugbyWomen programu k signifikantním změnám LESS škály. Před absolvováním programu byla hodnota u experimentální skupiny  $4,00 \pm 1,41$  a po absolvování  $3,25 \pm 1,54$  ( $p = 0,114$ ). U kontrolní skupiny byla před absolvováním  $5,83 \pm 1,03$  a po absolvování  $6,00 \pm 1,71$  ( $p = 0,594$ ). V absolutních hodnotách došlo u experimentální skupiny ke snížení hodnoty LESS skóre, naopak u kontrolní skupiny došlo k nárůstu. **Hypotéza 1 nebyla potvrzena.** Nicméně je třeba dodat, že změna hodnoty LESS škály v naší studii u experimentální skupiny ( $0,75 \pm 1,42$ ) sice není statisticky významná, ale překračuje hodnotu (standardní chyby

měření = 0,42), a proto lze i přesto můžeme hovořit o mírně pozivním trendu (Myers & Hawkins, 2010).

Je známo, že neuromuskulární trénink zlepšuje nervosvalovou kontrolu a snižuje riziko poranění LCA, lze tedy očekávat i vliv na hodnotu LESS škály (Hanzlíková, Athens, & Hébert-Losier, 2021). O'Malley et al. (2017) ve své studii došli k závěru, že preventivní tréninkové programy zahrnující plyometrická cvičení a agility, trénink síly a trupové stabilizace a trénink pohybu při dopadech, jsou statisticky významně lepší ve snižování hodnoty LESS škály ve srovnání s běžnými tréninkovými metodami, které nekladou důraz na nervosvalovou kontrolu. Autoři Hewett, Ford a Myer (2006b) upozorňují na důležitost plyometrie a zpětné vazby na technické provádění cviků. V tréninkových programech, které nejvýrazněji snížily hodnoty LESS škály, byly tyto prvky zařazeny (O'Malley et al., 2017; Phile et al., 2016). Náš program KneeRugbyWomen, který byl sestaven na podkladě předchozích studií v kolektivních sportech (Kiani et al., 2010; De Ste Croix et al., 2018) se skládal z balančních, silových s využitím odporu posilovací gumy a plyometrických cvičení. Z čehož lze můžeme usuzovat možný vliv programu KneeRugbyWomen na snížení na hodnoty LESS škály.

Autoři Hanzlíková, Athens a Hébert-Losier (2021) a Hewett, Ford a Myer (2006b), uvádí, že aby měl neuromuskulární trénink vliv na snížení hodnoty LESS škály, tak musí mít trvání aspoň 6 týdnů s frekvencí dvakrát až třikrát týdně a měl by být prováděn aspoň 15–30 min. Program KneeRugbyWomen probíhal 10 minut po úvodní části tréninkové jednotky po standardním rozcvičení a byl prováděn hráčkami dvakrát týdně po dobu 12 týdnů.

Pokud je nám známo, tak dle dostupné literatury byly provedeny pouze 2 preventivní neuromuskulární tréninkové programy u ženských sportovkyň s trváním 6 týdnů s frekvencí dvakrát až třikrát týdně s podobně stejným průměrným věkem probandek jako v naší studii ( $19.4 \pm 1.4$ ;  $21.0 \pm 2.0$ ) (Phile et al., 2016; Scarneo et al., 2017), u kterých došlo po absolvování k významnému statistickému zlepšení hodnot LESS škály (změna  $\geq 1$  bod hodnoty LESS škály). Je však důležité zmínit, že v naší studii byl počet probandek ( $n = 24$ ) na spodní hranici realizovatelnosti a ve studiích výše zmíněných byl počet probandek taktéž velmi nízký ( $n = 11$ ;  $n = 15$ ). Proto je důležité se v budoucnu věnovat studiím dalším studiím zkoumajících vliv tréninkového programu na hodnoty LESS škály u ženské populace v dospělém věku.

## *Orientační posouzení rizika zranění LCA u hráček vzhledem k výsledkům LESS škály*

LESS škála je komplexní, praktický, spolehlivý nástroj často používaný ve výzkumu pro identifikaci jedinců s vysokým rizikem vzniku bezkontaktních poranění dolních končetin a ke kvantifikaci neuromuskulárních a biomechanických změn. LESS škálu lze používat napříč sporty a výkonnostní úrovně. Specificita LESS škály je okolo 86 % a reliabilita je 64 % (DiStefano et al., 2018; Fox, Bonnaca, McLean, & Saunders, 2017; Hanzlíková & Hébert-Losier, 2020; Padua et al., 2009). LESS škála byla původně vyvinuta k identifikaci jedinců se zvýšeným rizikem bezkontaktního poranění LCA (Evard, Lyons & Harrison, 2018; Padua et al., 2009). Autoři James et al. (2016) uvádí, že je důležité vzít v úvahu, že LESS škála může být spojována i s kontaktním poraněním dolní končetiny, a nejen specificky s bezkontaktním poraněním LCA (James et al., 2016). Autoři (DiStefano et al., 2015; Padua et al., 2009) uvádí jako klíčovou hodnotu 5 bodů LESS škály. Výsledné skóre nad hranicí 5 bodů a výše značí zvýšené riziko bezkontaktního poranění LCA a hodnota pod 5 bodů a níže znamená naopak snížené riziko.

V diplomové práci jsme chtěli odpovědět na výzkumnou otázku, zda budou před i po absolvování programu KneeRugbyWomen hodnoty LESS škály u obou skupin za rizikovou hranicí hodnoty 5 bodů znamenající zvýšené riziko poranění LCA? Hráčky v experimentální studii nepřekračovaly rizikovou hranici 5 bodů před  $4,00 \pm 1,41$  ani po  $3,25 \pm 1,54$  absolvování programu KneeRugbyWomen, z čehož lze usuzovat na základě výše popsaných poznatků nižší riziko poranění LCA. Naopak skupina kontrolní, která už před  $5,83 \pm 1,03$  i po  $6,00 \pm 1,71$  absolvování program překračovala rizikovou hranici 5 bodů, je možným rizikem poranění LCA ohrožena více.

Zajímavým zjištěním je, že studie (O'Malley et al., 2017; Phile et al., 2016), které nejméně snížily hodnoty LESS škály, zahrnovaly probandy s nejvyšší předintervenční průměrnou hodnotou LESS škály ( $7,1 \pm 3,836$  a  $7,3 \pm 3,431$ ). Vysoké hodnoty LESS škály před intervencí možná přispěly k vyšším relativním zlepšením hodnot LESS škály po absolvování tréninkových programů ( $4,1 \pm 3,2$  a  $4,9 \pm 1,2$ ). Autoři DiStefano et al. (2009) uvádí, že jedinci s nejhůřší technikou dopadu se nejlépe ovlivňují a zlepšují tréninkem. V naší studii u experimentální skupiny byla předintervenční hodnota LESS škály  $4,00 \pm 1,41$  a hodnota po intervenci  $3,25 \pm 1,54$ . Lze tedy na základě výše popsaných studií usuzovat, že předintervenční nižší hodnota LESS škály možná ovlivnila, že rozdíl před a po absolvování nebyl tak velký, aby byl statisticky významný.

Existují však studie, které zpochybňují, že by hodnoty LESS škály nad klíčovou hranicí 5 bodů značily zvýšené riziko bezkontaktního poranění LCA. Autoři Smith et al. (2012) nenalezli významný vztah mezi vyššími hodnotami LESS škály a incidencí poranění LCA. Každopádně je důležité zmínit, že autoři Smith et al. (2012) vyloučili sportovce s předchozím poraněním LCA, zatímco Padua et al. (2009) nikoliv. Jelikož je prokázáno, že předchozí poranění LCA zvyšuje hodnoty LESS škály (Hanzlíková, Athens & Hébert-Losier, 2021) Autoři Lisman, Wilder, Berenbach a Hansberger (2021), taktéž nezpozorovali prokazatelný vliv vyšší hodnoty LESS škály na riziko vzniku bezkontaktního poranění dolní končetiny u hráček basketbalu, lakrosu, softbalu a volejbalu dále pak u gymnastek.

Hanzlíková a Hébert-Losier (2020) uvádějí ve své přehledové studii, že důvod protichůdných názorů na klíčovou hodnotu LESS škály v souvislosti s rizikem poranění LCA a dolní končetiny, je pravděpodobně způsoben nedostatečnou velikostí vzorků a rozdíly mezi probandy (věk, pohlaví, osobní anamnéza), jelikož tyto faktory mohou potenciálně ovlivnit vyhodnocení LESS škály. Proto dále uvádějí, že k potvrzení souvislosti mezi hodnotami LESS škály a bezkontaktních poranění LCA a dolních končetin, jsou zapotřebí další rozsáhlejší studie.

V elitních ragbyových ligách jsou poranění LCA realitně častá. Pokud je nám známo, tak v současné době byla provedena pouze jedna studie (Rowell & Relph, 2021), která by k identifikaci ragbyových hráčů s vysokým rizikem poranění LCA využívala LESS škálu. Průměrná hodnota LESS škály u testovaných probandů byla  $7.039 \pm 2.378$  a značí tedy zvýšené riziko bezkontaktního poranění LCA u testovaných jedinců. Vzhledem k výsledkům této studie je zřejmé, že další zkoumání využitelnosti LESS škály v prostřední ragby je oprávněné.

Při interpretaci hodnot LESS škály je nutné zohlednit věk a pohlaví, které mají značný vliv na hodnoty LESS skóre. Ženy vykazují vyšší hodnoty LESS škály v porovnání s muži, v biomechanice dopadu se taktéž dopouští více patologických pohybových vzorů než muži (Beutler, Motte, Marshall, Padua, & Boden, 2009; DiStefano, Padua, DiStefano, & Marshall, 2009; Hanzlíková, Athens, & Hébert-Losier, 2021; Kuenze et al., 2018; Padua et al., 2009).

Byly však provedeny studie (DiStefano et al., 2018; Lam & McLeod, 2014; Smith et al., 2012; Welling, Benjamine, Gokeler, & Otten, 2016) které uvádí, že ženy nevykazují

signifikantně vyšší hodnoty LESS škály oproti mužům, ale je důležité zmínit rozdíl v obsahu a cílové skupině oproti studiím výše zmíněným, protože průměr probandů těchto studií se pohyboval v období pubertálního růstového spurtu.

Autoři (Hewett, Myer, & Ford, 2004; Quatman & Hewett, 2006) uvádí, že zřetelné rozdíly mezi pohlavími v biomechanice dopadu se stávají patrnými až po pubertě. Vlivem první menstruace, která je hlavním indikátorem pubescence u ženského pohlaví, nastávají výrazné hormonální změny, které následně ovlivňují anatomické a biomechanické změny v těle ženy, což způsobuje možný nárůst incidence poranění LCA v porovnání s muži (Otsuki, Kuramochi, & Fukubayashi, 2014). Ranná adolescence před nástupem menarché je tedy „potencionální okno“, kdy lze nejnáze dosáhnout optimalizace rizika poranění LCA (Myer et al., 2013). Autoři Smith et al. (2012) porovnávali vliv věku na hodnoty LESS škály a zjistili, že věkově starší sportovci vykazují nižší hodnoty LESS v porovnání s mladšími sportovci. Průměrná hodnota LESS škály pro účastníky starších 15 let byla  $6,1 \pm 1,7$  pro účastníky ve věku od 15 do 20 let byla  $5,5 \pm 1,9$  a pro účastníky starší 20 let byla  $5,1 \pm 1,8$ . V naší studii byly všechny účastnice už za věkovou hranicí PHV, experimentální skupina měla věkový průměr  $20,05 \pm 4,43$  s průměrnou hodnotou LESS škály po absolvování programu  $3,25 \pm 1,54$  a kontrolní skupina měla věkový průměr  $20,04 \pm 4,88$  s průměrnou hodnotou LESS škály po absolvování programu  $6,00 \pm 1,71$ .

#### *Vliv vybraných parametrů LESS škály na riziko poranění LCA u žen*

Následující poznatky slouží jako doplňující informace, které nejsou v cílech ani metodice, avšak uvádíme je z důvodu, že tyto parametry LESS škály – flexe v kolenním kloubu, lateroflexe trupu a valgozita kolene jsou řazeny mezi hlavní indikátory poranění LCA u žen a mohou mít negativní vliv na biomechaniku dopadu (Chappell et al., 2006; Petersen et al., 2014). Bylo zjištěno, že při dopadu používají ženy a muži rozdílné pohybové a svalové vzorce, které jsou považovány za primární rizikové faktory pro vznik bezkontaktního poranění LCA, kdy se ženy dopouští více patologických chyb při doskoku než muži (Beutler et al., 2009; Chappel et al., 2005; Hewett, Myer, & Ford, 2004; Kuenze et al., 2018; Leppänen et al., 2017; Southard et al., 2012). Patologické pohybové a svalové vzorce přetrvávají u žen i po rekonstrukci LCA, díky čemuž jsou ohroženi znovu opětovným poškozením LCA více než muži (Kuenze et al., 2018). Všechny výše popsané faktory jsme schopni správným neuromuskulárním tréninkem ovlivnit, a tím snížit incidenci poranění

LCA. Je tedy logické očekávat i vliv na hodnoty LESS škály (Kuenze et al., 2018, Lisman et al. 2021).

Autoři Della Villa et al. (2021) ve své studii vyzorovali, že hráči ragby, u kterých vzniklo poranění LCA bez vnějšího zavinění měli menší úhel flexe v kolenní kloubu ve srovnání s kontrolní skupinou. Tento parametr je hodnocen v LESS škále hned v prvním bodě. Před absolvováním programu KneeRugbyWomen byla zjištěna riziková flexe kolenního kloubu u dvou probandek (kontrolní skupina:  $n = 1$ ; experimentální skupina:  $n = 1$ ), po absolvování programu se počet navýšil na šest probandek, (kontrolní skupina  $n = 3$ ; experimentální skupina  $n = 3$ ).

Dalším rizikovým faktorem je zvýšená valgozita kolenního kloubu spojená se zvětšeným abdukčním momentem tibie. Míra valgozity je v LESS škále hodnocena ve dvou bodech. V pátém bodě, který hodnotí valgozitu při iniciálním kontaktu, byla přítomna valgozita kolene u celkově 14 probandek (kontrolní skupina:  $n = 8$ ; experimentální skupina:  $n = 6$ ). Po absolvování programu se počet probandek v kontrolní skupině zvýšil ( $n = 10$ ) a experimentální skupině snížil ( $n = 4$ ). V patnáctém bodě LESS škály se se hodnotí míra změny valgozního postavení kolene. Zvýšená dynamická valgotizace kolenního kloubu byla přítomna u 23 probandek (kontrolní skupina:  $n = 12$ ; experimentální skupina:  $n = 11$ ). Po absolvování programu se počet v kontrolní skupině nezměnil ( $n = 12$ ) a u experimentální skupiny se zvýšil ( $n = 10$ ).

Nedostatečná trupová stabilizace, která se projevuje lateroflexí trupu při dopadech, se podílí na zvýšení abdukčního momentu tibie, a tedy zvyšuje riziko poranění LCA. Při identifikaci sportovkyň s rizikem poranění LCA by se tedy měla hodnotit zároveň valgotizace kolenního kloubu a lateroflexe trupu (Hewett et al. 2010; Dingenen et al., 2015). V LESS škále je přítomnost lateroflexe trupu při iniciálním kontaktu hodnocena v 6. bodě. V naší studii byla lateroflexe trupu přítomna před absolvováním programu u 4 probandek (kontrolní skupina:  $n = 2$ ; experimentální skupina:  $n = 2$ ), po absolvování programu se počet probandek v kontrolní skupině snížil ( $n = 1$ ) a v experimentální skupině zůstal stejný ( $n = 2$ ).

Na základě výsledku početního zkoumání námi vybraných parametrů LESS škály (flexe a valgozita kolenního kloubu, lateroflexe trupu), nelze určit, zda byly parametry pozitivně či negativně ovlivněny tr. programem, protože změny počtů nastaly jen u 1-2 hráček v obou skupinách.

## **Limity studie**

Za jeden z limitů lze považovat relativně nízký počet probandek ( $n = 24$ ) účastnících se studie. Výsledky studie také možná ovlivnilo pochopení pokynů a následné motorické provedení testu SLCMJ. Během motorického testu SLCMJ byly hráčky zaznamenávány pomocí dvou videokamer v rovině sagitální a frontální. Při některých pokusech dopadaly hráčky mírně pootočený od daných rovin, a tím bylo hodnocení šířky postoje a valgozity kolenního kloubu značně ztíženo, což mohlo mít vliv na výsledné hodnoty LESS škály.

## **7 ZÁVĚRY**

Na základě výsledku této diplomové práce nelze potvrdit vliv intervenčního programu KneeRugbyWomen na biomechaniku dopadu u amatérských hráček ragby starších 15 let. Nebylo zjištěno signifikantní snížení průměrné hodnoty LESS škály po absolvování programu KneeRugbyWomen.

Hodnoty LESS škály před i po absolvování programu KneeRugbyWomen u experimentální skupiny hráček neukazují na zvýšené riziko poranění, naopak u kontrolní skupiny překračují rizikovou hranici 5 bodů před i po absolvování programu.

Vzhledem k výsledkům této práce doporučuji v budoucnosti ověřit získané výsledky u většího počtu hráček a eventuálně zkvalitnit metodologický design studie.

## 8 SOUHRN

Tato diplomová práce vznikla jako součást projektu projektu IGA\_FTK\_2021\_008 Vliv programu KneeRugbyWomen na indikátory rizika zranění kolenního kloubu u ragbistek starších 15 let. Cílem této práce bylo zhodnotit vliv tréninkového programu KneeRugbyWomen na biomechaniku dopadu u ragbistek starších 15 let.

V teoretické části je shrnuta anatomie a neuromuskulární kontrola kolenního kloubu, problematika zranění v ragby a poznatky o rizikových faktorech. Nemalá pozornost je věnována vlivu ženského pohlaví na poranění LCA. Zejména pak vliv anatomických, hormonálních a biomechanických faktorů. Dále je podrobněji popsána biomechanika dopadu u žen a možnosti jejího hodnocení.

Výzkum byl prováděn formou jednofaktorového experimentu, který hodnotil změny v charakteristických parametrech biomechaniky dopadu u hráček sedmičkového ragby. Výzkumný soubor byl složen z 24 amatérských hráček ragby, experimentální i kontrolní skupina byly složeny z 12 hráček. Hráčky absolvovaly testování před tréninkovou intervencí a na konci tréninkové intervence po 12 týdnech. Využit byl motorický test SLCMJ. Dopad hráčky byl snímán v sagitální rovině a ve frontální rovině dvěma videokamerami. Ze záznamů byla následně vyhodnocena biomechanika dopadu pomocí LESS škály. Sledovaným parametrem byla celková hodnota LESS škály.

Výsledky této práce ukazují, že u hráček ragby starších 15 let nedošlo po absolvování intervenčního programu KneeRugbyWomen k signifikantnímu rozdílu LESS skóre, kdy před absolvováním programu byla hodnota u experimentální skupiny  $4,00 \pm 1,41$  a po absolvování  $3,25 \pm 1,54$  ( $p = 0,114$ ) a u kontrolní skupiny před absolvováním  $5,83 \pm 1,03$  a po absolvování  $6,00 \pm 1,71$  ( $p = 0,594$ ). Každopádně v absolutních hodnotách došlo u experimentální skupiny ke snížení hodnoty LESS skóre, naopak u kontrolní skupiny došlo k nárůstu.

## 9 SUMMARY

This Master's thesis was written as part of the IGA\_FTK\_2021\_008 project entitled "The effect of the KneeRugbyWomen programme on risk indicators associated with knee injuries in female rugby players aged 15+". The aim of this work was to assess the effect of the KneeRugbyWomen training programme on jump landing biomechanics in female rugby players aged 15+.

The theoretical background section summarizes the anatomy and neuromuscular control of the knee joint, the issue of rugby injuries and knowledge about risk factors. Considerable attention is paid to the effect of female sex on LCA injuries — in particular with respect to the effect of anatomical, hormonal and biomechanical factors. Furthermore, landing biomechanics in females and the possibilities of its evaluation are described in more detail.

The research was conducted in the form of a one-factor experiment, which evaluated changes in the characteristic parameters of landing biomechanics in female rugby sevens players. The sample group consisted of 24 female amateur rugby players; the experimental and the control group consisted of 12 players each. The players were tested before the training intervention and at the end of the training intervention in 12 weeks. The SLCMJ motor test was used for this purpose. The landing of each player was recorded in the sagittal plane and in the frontal plane by two video cameras. Landing biomechanics was subsequently evaluated based on the recordings using the LESS scale. The monitored parameter concerned the total value of the LESS scale.

The results of this work show that female rugby players aged 15+ did not show a significant difference in the LESS score after completing the KneeRugbyWomen intervention programme. The value of the experimental group before the programme was  $4.00 \pm 1.41$ , and it amounted to  $3.25 \pm 1.54$  ( $p = 0.114$ ) after the programme. In the control group, the value was  $5.83 \pm 1.03$  before and  $6.00 \pm 1.71$  ( $p = 0.594$ ) after completing the programme. In any case, the absolute values of the LESS score decreased in the experimental group, while there was an increase in the control group.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Adachi, N., Nawata, K., Maeta, M., & Kurozawa, Y. (2008). Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 128(5), 473–478. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0461-1>
- Ahmad, C. S., Clark, A. M., Heilmann, N., Schoeb, J. S., Gardner, T. R., & Levine, W. N. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *The American journal of sports medicine*, 34(3), 370–374. <https://doi.org/10.1177/0363546505280426>
- Ambler, Z. (2011). *Základy neurologie*. Praha: Galén.
- Ayala, F., De Ste Croix, M., Sainz de Baranda, P., & 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>
- Awwad, G., Coleman, J. H., Dunkley, C. J., & Dewar, D. C. (2019). An Analysis of Knee Injuries in Rugby League: The Experience at the Newcastle Knights Professional Rugby League Team. *Sports medicine – open*, 5(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0206-z>
- Balachandar, V., Marciniak, J. L., Wall, O., & Balachandar, C. (2017). Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 7(1), 136–146. <https://doi.org/10.11138/mltj/2017.7.1.136>
- Bartoniček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf.
- Bell, D. R., Blackburn, J. T., Norcross, M. F., Ondrak, K. S., Hudson, J. D., Hackney, A. C., & Padua, D. A. (2012). Estrogen and muscle stiffness have a negative relationship in females. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 20(2), 361–367. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1577-y>
- Bell, D. R., Smith, M. D., Pennuto, A. P., Stiffler, M. R., & Olson, M. E. (2014). Jump-landing mechanics after anterior cruciate ligament reconstruction: a landing error

- scoring system study. *Journal of athletic training*, 49(4), 435–441. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.21>
- Beutler, A., de la Motte, S., Marshall, S., Padua, D., & Boden, B. (2009). Muscle Strength and Qualitative Jump-Landing Differences in Male and Female Military Cadets: The Jump-ACL Study. *Journal of sports science & medicine*, 8(4), 663–671.
- Booshanam, D. S., Cherian, B., Joseph, C. P., Mathew, J., & Thomas, R. (2011). Evaluation of posture and pain in persons with benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatology international*, 31(12), 1561–1565. <https://doi.org/10.1007/s00296-010-1514-2>
- Bram, J. T., Magee, L. C., Mehta, N. N., Patel, N. M., & Ganley, T. J. (2021). Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American journal of sports medicine*, 49(7), 1962–1972. <https://doi.org/10.1177/0363546520959619>
- Brophy, R., Silvers, H. J., Gonzales, T., & Mandelbaum, B. R. (2010). Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *British journal of sports medicine*, 44(10), 694–697. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.051243>
- Brown, J. C., Verhagen, E. A., Knol, D. L., Van Mechelen, W., & Lambert, M. I. (2016). The effectiveness of the nationwide BokSmart rugby injury prevention program on catastrophic injury rates. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(2), 221–225. <https://doi.org/10.1111/sms.12414>
- Carrasco-Huenulef, C., Poblete-Garrido, M., Monrroy-Uarac, M., Ramirez-Campillo, R., Moran, J., & Gajardo-Burgos, R. (2019). Effects of a neuromuscular training program on anterior cruciate ligament injury risk factors in youth female basketball players: A pilot study. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per Le Scienze Mediche*, 178(3), 137–144. <https://doi.org/10.23736/S0393-3660.18.03731-2>
- Çabuk, H., & Kuşku Çabuk, F. (2016). Mechanoreceptors of the ligaments and tendons around the knee. *Clinical anatomy (New York, N.Y.)*, 29(6), 789–795. <https://doi.org/10.1002/ca.22743>
- Cruz-Ferreira, A., Cruz-Ferreira, E., Santiago, L., & Taborda Barata, L. (2017). Epidemiology of injuries in senior male rugby union sevens: a systematic review. *The Physician and sportsmedicine*, 45(1), 41–48. <https://doi.org/10.1080/00913847.2017.1248224>

- Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J. S., & Davies, B. (2009). An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using Global Positioning System tracking software. *Journal of strength and conditioning research*, 23(4), 1195–1203. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3928b>
- Čech, O., Sosna, A., & Bartoníček, J. (1986). *Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu*. Praha: Avicenum.
- Dai, B., Herman, D., Liu, H., Garrett, W. E., & Yu, B. (2012). Prevention of ACL injury, part I: injury characteristics, risk factors, and loading mechanism. *Research in sports medicine (Print)*, 20(3-4), 180–197. <https://doi.org/10.1080/15438627.2012.680990>
- 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>
- De Ste Croix, M., Hughes, J., Ayala, F., Taylor, L., & Datson, N. (2018). Efficacy of injury prevention training is greater for high-risk vs low-risk elite female youth soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 46(13), 3271–3280. <https://doi.org/10.1177/0363546518795677>
- De Ste Croix, M. B., Priestley, A. M., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2015). ACL injury risk in elite female youth soccer: Changes in neuromuscular control of the knee following soccer-specific fatigue. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(5), 531–538. <https://doi.org/10.1111/sms.12355>
- Delextrat, A., Gregory, J., & Cohen, D. (2010). The use of the functional H:Q ratio to assess fatigue in soccer. *International journal of sports medicine*, 31(3), 192–197. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1243642>
- Della Villa, F., Tosarelli, F., Ferrari, R., Grassi, A., Ciampone, L., Nanni, G., Zaffagnini, S., & Buckthorpe, M. (2021). Systematic Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Male Rugby Players: Pattern, Injury Mechanism, and Biomechanics in 57 Consecutive Cases. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 9(11), 23259671211048182. <https://doi.org/10.1177/23259671211048182>
- Devita, P., & Skelly, W. A. (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(1), 108–115.

- Dingenen, B., Malfait, B., Nijs, S., Peers, K. H., Vereecken, S., Verschueren, S. M., & Staes, F. F. (2015). Can two-dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study. *Clinical biomechanics*, *30*(8), 781–787. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.06.013>
- DiStefano, L. J., Beltz, E. M., Root, H. J., Martinez, J. C., Houghton, A., Taranto, N., Pearce, K., McConnell, E., Muscat, C., Boyle, S., & Trojian, T. H. (2018). Sport Sampling Is Associated With Improved Landing Technique in Youth Athletes. *Sports health*, *10*(2), 160–168. <https://doi.org/10.1177/1941738117736056>
- DiStefano, L. J., Marshall, S. W., Padua, D. A., Peck, K. Y., Beutler, A. I., de la Motte, S. J., Frank, B. S., Martinez, J. C., & Cameron, K. L. (2016). The Effects of an Injury Prevention Program on Landing Biomechanics Over Time. *The American journal of sports medicine*, *44*(3), 767–776. <https://doi.org/10.1177/0363546515621270>
- DiStefano, L. J., Padua, D. A., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2009). Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. *The American journal of sports medicine*, *37*(3), 495–505. <https://doi.org/10.1177/0363546508327542>
- Dungl, P. (2014). *Ortopedie* (2nd ed). Praha: Grada.
- Ekenros, L., Papoutsis, Z., Fridén, C., Dahlman Wright, K., & Lindén Hirschberg, A. (2017). Expression of sex steroid hormone receptors in human skeletal muscle during the menstrual cycle. *Acta physiologica*, *219*(2), 486–493. <https://doi.org/10.1111/apha.12757>
- Emami, M. J., Ghahramani, M. H., Abdinejad, F., & Namazi, H. (2007). Q-angle: an invaluable parameter for evaluation of anterior knee pain. *Archives of Iranian medicine*, *10*(1), 24–26.
- Everard, E., Lyons, M., & Harrison, A. J. (2018). Examining the association of injury with the Functional Movement Screen and Landing Error Scoring System in military recruits undergoing 16 weeks of introductory fitness training. *Journal of science and medicine in sport*, *21*(6), 569–573. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.013>
- Ferrell, W. R., Tennant, N., Sturrock, R. D., Ashton, L., Creed, G., Brydson, G., & Rafferty, D. (2004). Amelioration of symptoms by enhancement of proprioception in patients with joint hypermobility syndrome. *Arthritis and rheumatism*, *50*(10), 3323–3328. <https://doi.org/10.1002/art.20582>

- Fox, A. S., Bonacci, J., McLean, S. G., & Saunders, N. (2017). Efficacy of ACL injury risk screening methods in identifying high-risk landing patterns during a sport-specific task. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(5), 525–534. <https://doi.org/10.1111/sms.12715>
- Froehle, A. W., Grannis, K. A., Sherwood, R. J., & Duren, D. L. (2017). Relationships Between Age at Menarche, Walking Gait Base of Support, and Stance Phase Frontal Plane Knee Biomechanics in Adolescent Girls. *PM & R: The journal of injury, function, and rehabilitation*, 9(5), 444–454. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.07.532>
- Fuller, C. W., Molloy, M. G., Bagate, C., Bahr, R., Brooks, J. H., Donson, H., Kemp, S. P., McCrory, P., McIntosh, A. S., Meeuwisse, W. H., Quarrie, K. L., Raftery, M., & Wiley, P. (2007). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures for studies of injuries in rugby union. *British journal of sports medicine*, 41(5), 328–331. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033282>
- Fyfe, J. J., Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2013). The role of neuromuscular inhibition in hamstring strain injury recurrence. *Journal of electromyography and kinesiology: Official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 23(3), 523–530. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.12.006>
- Greis, P. E., Bardana, D. D., Holmstrom, M. C., & Burks, R. T. (2002). Meniscal injury: I. Basic science and evaluation. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 10(3), 168–176. <https://doi.org/10.5435/00124635-200205000-00003>
- Gross, J., M., Fetto, J., & Rosen, E. (2005). *Vyšetření pohybového aparátu*. Praha: Triton.
- Gianotti, S. M., Quarrie, K. L., & Hume, P. A. (2009). Evaluation of RugbySmart: A rugby union community injury prevention programme. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 371–375. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.01.002>
- Hansen, M., Miller, B. F., Holm, L., Doessing, S., Petersen, S. G., Skovgaard, D., Frystyk, J., Flyvbjerg, A., Koskinen, S., Pingel, J., Kjaer, M., & Langberg, H. (2009). Effect of administration of oral contraceptives in vivo on collagen synthesis in tendon and muscle connective tissue in young women. *Journal of applied physiology*, 106(4), 1435–1443. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90933.2008>

- Hanzlíková, I., Athens, J., & Hébert-Losier, K. (2021). Factors influencing the Landing Error Scoring System: Systematic review with meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 24(3), 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.08.013>
- Hanzlíková, I., & Hébert-Losier, K. (2020). Is the Landing Error Scoring System Reliable and Valid? A Systematic Review. *Sports health*, 12(2), 181–188. <https://doi.org/10.1177/1941738119886593>
- Hartl, R. & Štipčák, V. (2010). *Přední zkřížený vaz kolenního kloubu*. Praha: Maxdorf.
- Heitz, N. A., Eisenman, P. A., Beck, C. L., & Walker, J. A. (1999). Hormonal changes throughout the menstrual cycle and increased anterior cruciate ligament laxity in females. *Journal of athletic training*, 34(2), 144–149.
- Herzberg, S. D., Motu'apuaka, M. L., Lambert, W., Fu, R., Brady, J., & Guise, J. M. (2017). The Effect of Menstrual Cycle and Contraceptives on ACL Injuries and Laxity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(7), 1–8. <https://doi.org/10.1177/2325967117718781>
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations – update 2010. *North American journal of sports physical therapy*, 5(4), 234–251.
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *The American journal of sports medicine*, 27(6), 699–706. <https://doi.org/10.1177/03635465990270060301>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 86(8), 1601–1608. <https://doi.org/10.2106/00004623-200408000-00001>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2006a). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *The American journal of sports medicine*, 34(2), 299–311. <https://doi.org/10.1177/0363546505284183>
- Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2006b). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury

- prevention. *The American journal of sports medicine*, 34(3), 490–498. <https://doi.org/10.1177/0363546505282619>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr, Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 33(4), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Honová, K. (2013). Nácvik stabilizace kolenního kloubu s využitím TRX Suspension Trainer. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 20(3), 146-149.
- Honová, K. & Proházka, P. (2015) Plastika předního zkříženého vazů metodou press-fit femorální fixace: Specifika v rehabilitační léčbě. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 22(4), 190-196.
- Horsley, I., & Herrington, L. (2016). Preventing and managing anterior cruciate ligament (ACL) injury. *Co-Kinetic Journal*, 68, 12-16.
- Horton, M. G., & Hall, T. L. (1989). Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Physical therapy*, 69(11), 897–901. <https://doi.org/10.1093/ptj/69.11.897>
- 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>
- Hůlka, K., Lehnert, M., & Bělka, J. (2017). Reliability and validity of a basketball specific fatigue protocol simulating match load. *Acta Gymnica*, 47(2), 92–98.
- Chappell, J. D., Herman, D. C., Knight, B. S., Kirkendall, D. T., Garrett, W. E., & Yu, B. (2005). Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *The American journal of sports medicine*, 33(7), 1022–1029. <https://doi.org/10.1177/0363546504273047>

- James, J., Ambegaonkar, J. P., Caswell, S. V., Onate, J., & Cortes, N. (2016). Analyses of Landing Mechanics in Division I Athletes Using the Landing Error Scoring System. *Sports health*, 8(2), 182–186. <https://doi.org/10.1177/1941738115624891>
- Johnson, D. (2004). *ACL made simple*. New York: Springer – Verlag.
- Kapandji, A. I. (1987). *The Physiology of the Joints, Volume Two Lower Limb* (5th ed.). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Kaplan, K. M., Goodwillie, A., Strauss, E. J., & Rosen, J. E. (2008). Rugby injuries: a review of concepts and current literature. *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases*, 66(2), 86–93.
- Kaux, J. F., Julia, M., Delvaux, F., Croisier, J. L., Forthomme, B., Monnot, D., Chupin, M., Crielaard, J. M., Goff, C., Durez, P., Ernst, P., Guns, S., & Laly, A. (2015). *Epidemiological Review of Injuries in Rugby Union*. *Sports*, 3(1), 21-29.
- Kernozek, T. W., & Ragan, R. J. (2008). Estimation of anterior cruciate ligament tension from inverse dynamics data and electromyography in females during drop landing. *Clinical biomechanics*, 23(10), 1279–1286. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.08.001>
- Khowailed, I. A., Petrofsky, J., Lohman, E., Daher, N., & Mohamed, O. (2015). 17β-Estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Neuromuscular Activation Patterns in Female Runners. *Journal of women's health (2002)*, 24(8), 670–680. <https://doi.org/10.1089/jwh.2014.5184>
- Kiani, A., Hellquist, E., Ahlqvist, K., Gedeberg, R., Michaëlsson, K., & Byberg, L. (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of Internal Medicine*, 170(1), 43–49. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.289>
- Kim, D., & Hong, J. (2011). Hamstring to Quadriceps Strength Ratio and Noncontact Leg Injuries. A Prospective Study during One Season. *Isokinetic Exercise Science*, 19, 1-6. <https://doi.org/10.3233/IES-2011-0406>
- King, D., Hume, P., Cummins, C., Pearce, A., Clark, T., Foskett, A., & Barnes, M. (2019). Match and Training Injuries in Women's Rugby Union: A Systematic Review of Published Studies. *Sports medicine*, 49(10), 1559–1574. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01151-4>

- Klügl, M., Shrier, I., McBain, K., Shultz, R., Meeuwisse, W. H., Garza, D., & Matheson, G. O. (2010). The prevention sport injury: An analysis of 12 000 published manuscripts. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(6), 407–412. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181f4a99c>
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén: Praha.
- Kuenze, C. M., Trigtsted, S., Lisee, C., Post, E., & Bell, D. R. (2018). Sex Differences on the Landing Error Scoring System Among Individuals With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of athletic training*, 53(9), 837–843. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-459-17>
- Lam, K. C., & Valovich McLeod, T. C. (2014). The impact of sex and knee injury history on jump-landing patterns in collegiate athletes: a clinical evaluation. *Clinical journal of sport medicine: Official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 24(5), 373–379. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000053>
- Lebel, B., Locker, B., Hulet, C., & Tardieu, C. (2010). *The Meniscus*. Springer Science & Business Media.
- Lee, C. A., Lee-Barthel, A., Marquino, L., Sandoval, N., Marcotte, G. R., & Baar, K. (2015). Estrogen inhibits lysyl oxidase and decreases mechanical function in engineered ligaments. *Journal of applied physiology*, 118(10), 1250–1257. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00823.2014>
- Leppänen, M., Pasanen, K., Kujala, U. M., Vasankari, T., Kannus, P., Äyrämö, S., Krosshaug, T., Bahr, R., Avela, J., Perttunen, J., & Parkkari, J. (2017). Stiff Landings Are Associated With Increased ACL Injury Risk in Young Female Basketball and Floorball Players. *The American journal of sports medicine*, 45(2), 386–393. <https://doi.org/10.1177/0363546516665810>
- Levy, A. S., Wetzler, M. J., Lewars, M., & Laughlin, W. (1997). Knee injuries in women collegiate rugby players. *The American journal of sports medicine*, 25(3), 360–362. <https://doi.org/10.1177/036354659702500315>
- Lisman, P., Wilder, J. N., Berenbach, J., Jiao, E., & Hansberger, B. (2021). The Relationship between Landing Error Scoring System Performance and Injury in Female Collegiate Athletes. *International journal of sports physical therapy*, 16(6), 1415–1425. <https://doi.org/10.26603/001c.29873>

- Livingston, L. A., & Spaulding, S. J. (2002). OPTOTRAK Measurement of the Quadriceps Angle Using Standardized Foot Positions. *Journal of athletic training*, 37(3), 252–255.
- Lovering, R. M., & Romani, W. A. (2005). Effect of testosterone on the female anterior cruciate ligament. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 289(1), 15–22. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00829.2004>
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Maixnerová, E. (2020). *Vliv zatížení, zatěžování a věku na neuromuskulární řízení kolenního kloubu u mladých fotbalistů*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Kirkendall, D. T., & Garrett, W., Jr (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American journal of sports medicine*, 33(7), 1003–1010. <https://doi.org/10.1177/0363546504272261>
- Melichna, J. (1995). *Fyziologie tělesné zátěže II.: speciální část*. Univerzita Karlova.
- Montgomery, C., Blackburn, J., Withers, D., Tierney, G., Moran, C., & Simms, C. (2018). Mechanisms of ACL injury in professional rugby union: a systematic video analysis of 36 cases. *British journal of sports medicine*, 52(15), 994–1001. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096425>
- Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2012). An integrated approach to change the outcome part II: targeted neuromuscular training techniques to reduce identified ACL injury risk factors. *Journal of strength and conditioning research*, 26(8), 2272–2292. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2c7d>
- 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.
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2005). The effects of gender on quadriceps muscle activation strategies during a maneuver that mimics a high ACL injury risk position. *Journal of electromyography and kinesiology: Official journal of the International Society*

of *Electrophysiological Kinesiology*, 15(2), 181–189.  
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2004.08.006>

Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *The American journal of sports medicine*, 41(1), 203–215. <https://doi.org/10.1177/0363546512460637>

Myers, C. A., & Hawkins, D. (2010). Alterations to movement mechanics can greatly reduce anterior cruciate ligament loading without reducing performance. *Journal of biomechanics*, 43(14), 2657–2664. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.06.003>

Nguyen, A. D., Boling, M. C., Levine, B., & Shultz, S. J. (2009). Relationships between lower extremity alignment and the quadriceps angle. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 19(3), 201–206. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181a38fb1>

Oliva, F., Piccirilli, E., Berardi, A. C., Frizziero, A., Tarantino, U., & Maffulli, N. (2016). Hormones and tendinopathies: the current evidence. *British medical bulletin*, 117(1), 39–58. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldv054>

O'Malley, E., Murphy, J. C., McCarthy Persson, U., Gissane, C., & Blake, C. (2017). The Effects of the Gaelic Athletic Association 15 Training Program on Neuromuscular Outcomes in Gaelic Football and Hurling Players: A Randomized Cluster Trial. *Journal of strength and conditioning research*, 31(8), 2119–2130. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001564>

Otsuki, R., Benoit, D., Hirose, N., & Fukubayashi, T. (2021). Effects of an Injury Prevention Program on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors in Adolescent Females at Different Stages of Maturation. *Journal of sports science & medicine*, 20(2), 365–372. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.365>

Otsuki, R., Kuramochi, R., & Fukubayashi, T. (2014). Effect of injury prevention training on knee mechanics in female adolescents during puberty. *International journal of sports physical therapy*, 9(2), 149–156.

Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., Jr, & Beutler, A. I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) Is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The JUMP-ACL study. *The American*

*journal of sports medicine*, 37(10), 1996–2002.  
<https://doi.org/10.1177/0363546509343200>

Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J., & Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 125(9), 614–621. <https://doi.org/10.1007/s00402-005-0793-7>

Petersen, W., Ellermann, A., Gösele-Koppenburg, A., Best, R., Rembitzki, I. V., Brüggemann, G. P., & Liebau, C. (2014). Patellofemoral pain syndrome. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 22(10), 2264–2274. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2759-6>

Pfifle, K. R., Gribble, P. A., Buskirk, G. E., Meserth, S. M., & Pietrosimone, B. G. (2016). Sustained Improvements in Dynamic Balance and Landing Mechanics After a 6-Week Neuromuscular Training Program in College Women's Basketball Players. *Journal of sport rehabilitation*, 25(3), 233–240. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0323>

Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2010). Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments. *Clinical biomechanics*, 25(2), 142–146. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.10.005>

Powers C. M. (2003). The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 33(11), 639–646. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.11.639>

Quatman, C. E., & Hewett, T. E. (2009). The anterior cruciate ligament injury controversy: is "valgus collapse" a sex-specific mechanism? *British journal of sports medicine*, 43(5), 328–335. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.059139>

Rowell, S., & Relph, N. (2021). The Landing Error Scoring System (LESS) and Lower Limb Power Profiles in Elite Rugby Union Players. *International journal of sports physical therapy*, 16(5), 1286–1294. <https://doi.org/10.26603/001c.27632>

Renstrom, P. et al. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British journal of sports medicine*, 42(6), 394-412.

- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 71–79.
- Ma, R., Lopez, V., Jr, Weinstein, M. G., Chen, J. L., Black, C. M., Gupta, A. T., Harbst, J. D., Victoria, C., & Allen, A. A. (2016). *Injury Profile of American Women's Rugby-7s*. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(10), 1957–1966. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000997>
- Roztočil, A., & Bartoš, P. (2011). *Moderní gynekologie*. Praha: Grada.
- Rutherford O. M. (1988). Muscular coordination and strength training. Implications for injury rehabilitation. *Sports medicine*, 5(3), 196–202. <https://doi.org/10.2165/00007256-198805030-00006>
- Scarneo, S. E., Root, H. J., Martinez, J. C., Denegar, C., Casa, D. J., Mazerolle, S. M., Dann, C. L., Aerni, G. A., & DiStefano, L. J. (2017). Landing Technique Improvements After an Aquatic-Based Neuromuscular Training Program in Physically Active Women. *Journal of sport rehabilitation*, 26(1), 8–14. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0052>
- Simmonds, J. V., & Keer, R. J. (2007). Hypermobility and the hypermobility syndrome. *Manual therapy*, 12(4), 298–309. <https://doi.org/10.1016/j.math.2007.05.001>
- Smith, H. C., Johnson, R. J., Shultz, S. J., Tourville, T., Holterman, L. A., Slauterbeck, J., Vacek, P. M., & Beynnon, B. D. (2012). A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. *The American journal of sports medicine*, 40(3), 521–526. <https://doi.org/10.1177/0363546511429776>
- Southard, J., Kernozek, T. W., Ragan, R., & Willson, J. (2012). Comparison of estimated anterior cruciate ligament tension during a typical and flexed knee and hip drop landing using sagittal plane knee modeling. *International journal of sports medicine*, 33(5), 381–385. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299750>
- Stijak, L., Kadija, M., Djulejić, V., Aksić, M., Petronijević, N., Marković, B., Radonjić, V., Bumbaširević, M., & Filipović, B. (2015). The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: female study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 23(9), 2742–2749. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3077-3>

- Suarez-Arrones, L. J., Nuñez, F. J., Portillo, J., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Running demands and heart rate responses in men Rugby Sevens. *Journal of strength and conditioning research*, 26(11), 3155–3159. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318243fff7>
- Iwahashi, T., Shino, K., Nakata, K., Otsubo, H., Suzuki, T., Amano, H., & Nakamura, N. (2010). Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 26(9), 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2010.01.023>
- Tondelli, E., Boerio, C., Andreu, M., & Antinori, S. (2021). Impact, incidence and prevalence of musculoskeletal injuries in senior amateur male rugby: epidemiological study. *The Physician and sportsmedicine*, 1, 1–7. <https://doi.org/10.1080/00913847.2021.1924045>
- Tsai, L. C., Ko, Y. A., Hammond, K. E., Xerogeanes, J. W., Warren, G. L., & Powers, C. M. (2017). Increasing hip and knee flexion during a drop-jump task reduces tibiofemoral shear and compressive forces: implications for ACL injury prevention training. *Journal of sports sciences*, 35(24), 2405–2411. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1271138>
- Uhorchak, J. M., Scoville, C. R., Williams, G. N., Arciero, R. A., St Pierre, P., & 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>
- Vágnerová, M. (2012). *Vývojová psychologie. Dětství a dospívání*. (2nd. ed). Praha: Univerzita Karlova.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. (2nd ed.). Praha: Triton.
- Welling, W., Benjaminse, A., Gokeler, A., & Otten, B. (2016). Enhanced retention of drop vertical jump landing technique: A randomized controlled trial. *Human movement science*, 45, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.11.008>

- Wikstrom, E. A., Tillman, M. D., Chmielewski, T. L., & Borsa, P. A. (2006). Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sports medicine*, 36(5), 393–410. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636050-00003>
- Williams, S., Robertson, C., Starling, L., McKay, C., West, S., Brown, J., & Stokes, K. (2022). Injuries in Elite Men's Rugby Union: An Updated (2012-2020) Meta-Analysis of 11,620 Match and Training Injuries. *Sports medicine*, 52(5), 1127–1140. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01603-w>
- Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S., & Stokes, K. (2013). A meta-analysis of injuries in senior men's professional Rugby Union. *Sports medicine*, 43(10), 1043–1055. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0078-1>
- Wilson, P. L., Wyatt, C. W., Romero, J., Sabatino, M. J., & Ellis, H. B. (2018). Incidence, Presentation, and Treatment of Pediatric and Adolescent Meniscal Root Injuries. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(11), 2325967118803888. <https://doi.org/10.1177/2325967118803888>
- Yeomans, C., Kenny, I. C., Cahalan, R., Warrington, G. D., Harrison, A. J., Hayes, K., Lyons, M., Campbell, M. J., & Comyns, T. M. (2018). The Incidence of Injury in Amateur Male Rugby Union: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*, 48(4), 837–848. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0838-4>
- Yu, W. D., Panossian, V., Hatch, J. D., Liu, S. H., & Finerman, G. A. (2001). Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clinical orthopaedics and related research*, 383, 268–281. <https://doi.org/10.1097/00003086-200102000-00031>
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2014). *Silový trénink. Praxe věda*. Praha: Mladá fronta.
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*, 50(9), 552–557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>
- Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Døssing, S., Alkjaer, T., Magnusson, S. P., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2008). The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidcutting in female elite soccer and handball players. *Clinical journal of*

*sport medicine, official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine, 18(4),*  
329–337. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31817f3e35>

# 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 směrnicemi 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: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz

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

**Příloha 2.** Informovaný souhlas nezletilých účastnic studie

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

***Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie***

**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 podepsaný (á) souhlasím s účastí mé dcery ve studii.
2. Byl (a) jsem podrobně informován (a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se od mé dcery očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Porozuměl (a) jsem tomu, moje dcera může kdykoliv svou účast přerušit či odstoupit a že účast ve studii je dobrovolná.
3. Při zařazení do studie budou data mé dcery uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Pro výzkumné a vědecké účely mohou být údaje mé dcery poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
4. Porozuměl (a) jsem tomu, že jméno mé dcery se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis zákonného zástupce:

Datum:

Podpis řešitele pověřeného touto studií:

Datum:

**Příloha 3. 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:

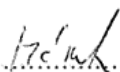
#### **Příloha 4. Potvrzení o překladu anglických částí diplomové práce**

##### **Potvrzení o překladu**

Potvrzuji, že jsem Tereze Sikorové, nar. 2. 7. 1996, bytem Dělnická 2438, 735 06 Karviná – Nové Město, do angličtiny přeložil sekce Souhrn a Abstrakt její diplomové práce nazvané „Vliv intervenčního tréninkového programu KneeRugbyWomen na biomechaniku dopadu po výskoku u ragbistek starších 15 let“.

Vystudoval jsem magisterský studijní obor Anglická filologie – Česká filologie na Filozofické fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Studium jsem dokončil v roce 2019. Nyní působím mimo jiné jako lektor anglického jazyka na Moravské vysoké škole Olomouc, sídlem na tř. Kosmonautů 1288, 779 00 Olomouc.

V Olomouci dne 22. 4. 2022

..........

Mgr. Jiří Mánek