

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

VLIV AKUTNÍ FYZICKÉ ÚNAVY NA RIZIKO PORANĚNÍ LCA U FOTBALISTŮ
VĚKOVÉ KATEGORIE U13 a U15
Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Ondřej Sedlák
Vedoucí práce: Prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.
Olomouc 2018

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Ondřej Sedlák

Název diplomové práce: Vliv akutní fyzické únavy na riziko poranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U13 a U15

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí diplomové práce: Prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.

Rok obhajoby diplomové práce: 2018

Abstrakt:

Cílem práce bylo určit vliv akutní fyzické únavy na biomechaniku dopadu po výskoku a na riziko zranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U13 a U15. Do výzkumu bylo zapojeno celkem 22 fotbalistů ze sportovního klubu Sigma Olomouc, a.s. Hráči spadali do dvou věkových kategorií – U13 (n = 14, věk = $12,80 \pm 0,42$ roku) a U15 (n = 8, věk = $15,00 \pm 0,40$ roku). Pro simulaci dopadu byl použit motorický test single leg-countermovement jump, který byl zaznamenáván na dvě videokamery – ve frontální a v sagitální rovině. Z videozáznamů byly následně vybrány snímky, které se hodnotily podle nástroje Landing Error Scoring System (LESS). Výstupem hodnocení biomechaniky dopadu u každého hráče bylo LESS skóre. Hráči byli měřeni celkem dvakrát – 1 hodinu před utkáním a bezprostředně po utkání. Výsledky Wilcoxonova párového testu potvrdily vliv akutní fyzické únavy na biomechaniku dopadu a na riziko poranění LCA. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny mezi průměrnými předzápasovými a pozápasovými hodnotami LESS skóre u věkové kategorie U13 ($p = 0,030$) a dále při porovnání průměrných hodnot LESS skóre mezi věkovými kategoriemi U13 a U15 jak před zápasem, tak i po zápasu. Z výsledků vyplývá, že po zápasu došlo vlivem akutní fyzické únavy ke zhoršení biomechaniky dopadu a tím ke zvýšení rizika poranění LCA u obou věkových kategorií. Hráči věkové kategorie U13 vykazovali horší provedení dopadu z pohledu biomechaniky v porovnání s věkovou kategorií U15 jak před zápasem, tak po zápasu.

Klíčová slova: únava, adolescenti, biomechanika dopadu, fotbal, LCA, zranění

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Ondřej Sedlák

Title of the master thesis: Effect of fatigue on the risk of LCA injury in U13 and U15 soccer players

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.

The year of presentation: 2018

Abstract:

The aim of this diploma thesis was to determine the effect of fatigue on the landing biomechanics and the risk of LCA injury in U13 and U15 soccer players. A group of 22 soccer players from Sigma Olomouc, a.s participated in the study. The players fell into two categories – U13 (n = 14, age = $12,80 \pm 0,42$ years) and U15 (n = 8, age = $15,00 \pm 0,40$ years). A motoric test single leg-countermovement jump (landing on both feet) was used as a jump-landing task that was videotaped from the frontal and the sagittal plane. Subsequently requisite pictures were cut out from the videorecordings and evaluated using the LESS – creating the final LESS score. The players were measured twice – 1 hour before the match and immediately after the match. The results of Wilcoxon signed-rank test proved the effect of fatigue on the landing biomechanics and the risk of LCA injury. Statistically significant differences were found between the mean LESS score values before the match compared to the mean LESS score values after the match in U13 category (p = 0,030) and between the mean LESS score values of U13 category compared to the mean LESS score values of U15 category in both – before the match and after the match. The results showed that the landing biomechanics was poorer after the match (in both categories) due to fatigue and the players were thus at a higher risk of LCA unjury. The players of U13 category performed poorer landing biomechanics in comparison with U15 category. The players of U13 category were thus at a higher risk of LCA unjury.

Key words: fatigue, adolescents, landing biomechanics, soccer, LCA, injury

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Prof. RNDr. Miroslava Janury, Dr., uvedl jsem všechny použité literární a odborné zdroje a dodržel zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 22. 4. 2018

.....

Děkuji Prof. RNDr. Miroslavu Janurovi, Dr., Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D. a doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za pomoc a cenné rady, které mi poskytli při zpracování diplomové práce. Dále za možnost, že diplomová práce mohla být řešena v rámci výzkumného projektu „GAČR 16-13750S“.

1 ÚVOD.....	8
2 PŘEHLED POZNATKŮ.....	9
2.1 Období staršího školního věku	9
2.1.1 Biologická specifika chlapců staršího školního věku	10
2.1.2 Psycho-sociální specifika chlapců staršího školního věku.....	11
2.1.3 Rozvoj kondičních schopností u chlapců staršího školního věku.....	12
2.2 Charakteristika fotbalu.....	13
2.2.1 Věkové kategorie ve fotbalu	13
2.2.2 Fotbalové soutěže žáků v České republice.....	14
2.2.3 Sportovní trénink ve fotbalu.....	15
2.2.4 Herní výkon ve fotbalu.....	16
2.3 Zranění ve fotbalu	19
2.3.1 Evidence zranění ve fotbalu	20
2.4 Poranění ligament kolenního kloubu	21
2.4.1 Anatomie kolenního kloubu	21
2.4.2 Závažnost poranění LCA	23
2.4.3 Faktory ovlivňující riziko poranění LCA.....	23
2.4.4 Mechanismus poranění LCA.....	26
2.5 Nástroj pro vyhodnocení biomechaniky dopadu	27
2.6 Únava.....	27
3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	30
3.1 Hlavní cíl:	30
3.2 Výzkumné otázky:	30
4 METODIKA.....	31
4.1 Výzkumný soubor:.....	31
4.2 Použité přístroje:	32
4.3 Postup měření a sledované parametry:	32
4.4 Statistické zpracování dat:	33
5 VÝSLEDKY.....	34
5.1 Výsledky k výzkumné otázce číslo 1	34
5.2 Výsledky k výzkumné otázce číslo 2.....	35
5.3 Výsledky k výzkumné otázce číslo 3.....	36
6 DISKUZE.....	38

7 ZÁVĚRY	42
8 SOUHRN.....	43
8 SUMMARY	44
9 REFERENČNÍ SEZNAM.....	45
10 PŘÍLOHY	50

1 ÚVOD

Riziko zranění se vyskytuje ve všech sportech. Výjimkou není ani fotbal, ve kterém se toto riziko objevuje ve všech věkových kategoriích a napříč všemi výkonnostními úrovněmi (Waldén, Hägglund, Werner, & Ekstrand, 2011).

Mezi velmi závažná zranění ve fotbalu patří poranění vazů kolenního kloubu. Nejčastěji poškozeným kolenním vazem u hráčů fotbalu je přední zkřížený vaz – LCA (ligamentum cruciatum anterius). Procentuální zastoupení poškození tohoto vazů není vysoké – jedná se přibližně o 5 % veškerých zranění ve fotbalu. Velkým problémem je však riziko recidivy, doba rekonvalescence (více než 6 měsíců od poranění do prvního tréninku a více než 7 měsíců od poranění do prvního soutěžního utkání), a neschopnost sportovců vrátit se po rekonvalescenci na původní výkonnostní úroveň. Téměř 15 % fotbalistů se ke svému sportu ze zdravotních důvodů vůbec vrátit nemůže a pouze 65 % je schopno dále se fotbalu věnovat na stejné výkonnostní úrovni jako před zraněním (Waldén, Hägglund, Magnusson, & Ekstrand, 2016).

Z výsledků studií, které poukazují na zvýšené riziko poškození vazů kolenního kloubu v průběhu dospívání, vyplývá, že skupinou, která je vystavená nejvyššímu riziku, jsou sportovci, kteří procházejí růstovým spurtem (chlapci v období mezi 11. až 15. rokem, dívky přibližně o rok až dva dříve) (Shea, Pfeiffer, Wang, Curtin, & Apel, 2004).

Zranění LCA jsou většinou tzv. nekontaktní (bez kontaktu se soupeřem) a dochází k nim nejčastěji při prudkých změnách směru běhu, při dopadech po výskocích nebo při pohybu stranou (tzv. rizikové pohyby). Epidemiologická studie Rössler, Junge, Chomiak, Dvorak, & Faude (2015), která se zaměřovala na výskyt zranění ve fotbalu, poukazuje na zvýšený výskyt zranění ke konci poločasů, kdy dochází ke kulminaci akutní fyzické únavy. Z tohoto poznatku je možné usuzovat, že akutní fyzická únava by mohla mít vliv na provedení zmíněných rizikových pohybů a ovlivňovat tak riziko poškození LCA.

Ve výzkumu realizovaném v rámci diplomové práce jsme se proto snažili zjistit, zda po zápasu dochází z důvodu výskytu akutní fyzické únavy ke zhoršení biomechaniky dopadu po výskoku a tím ke zvýšení rizika zranění LCA.

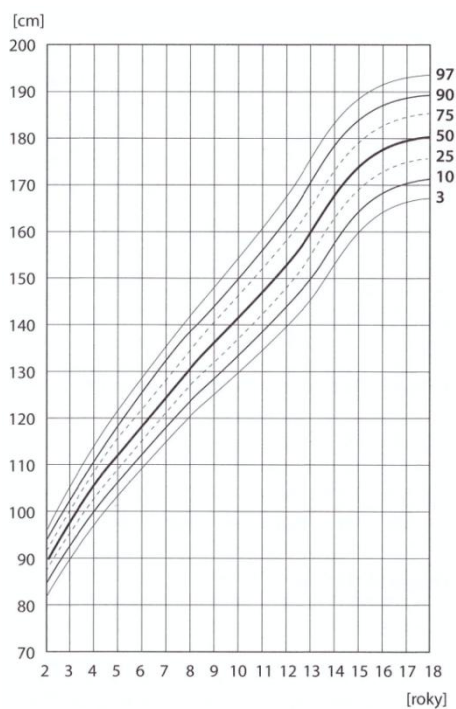
2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Období staršího školního věku

Období staršího školního věku lze charakterizovat jako období velmi nerovnoměrného vývoje jak tělesného, tak i psychického a sociálního. Veškeré změny jsou regulovány zejména hormonálním systémem (Perič, 2004).

Podle teorie vývojové psychologie spadají jedinci ve věku 11 až 15 let, tedy i chlapci začlenění do našeho výzkumu, do období staršího školního věku (Vágnerová, 2000). Pro toto období se používá také označení období pubescence, které Langmeier a Krejčířová (2006) dělí ještě na fázi prepuberity (11 – 13 let) a fázi vlastní puberty (13 – 15 let).

Langmeier a Krejčířová (1998) kromě věkového vymezení (11 – 15 let) uvádějí také biologické determinanty určující danou věkovou skupinu. Jedním z těchto determinantů je začátek pohlavního dospívání (objevení prvních sekundárních pohlavních znaků), kterým období začíná. Za konec období potom považují pohlavní zralost. Druhým, velice důležitým aspektem, je urychlení výškového růstu, tzv. růstový spurt. V tomto období se velikost přírůstku pohybuje mezi 9 a 14 cm za rok (Thorová, 2015). Chlapci za celé období mezi 11. až 15. rokem pak průměrně vyrostou téměř o 30 cm (Obrázek 1) (Kučera, Kolář, Dylevský et al., 2011). Perič (2004) udává, že děti mohou v tomto období vyrůst dokonce o 50 i více centimetrů.



Obrázek 1. Graf závislosti tělesné výšky na věku (chlapci 2-18 let) (Kučera, Kolář, Dylevský et al.)

Thorová (2015) uvádí, že u dívek dochází k výše popsaným změnám přibližně o rok dříve než u chlapců. Může za to zejména činnost pohlavních a růstových hormonů. Zatímco dívky již ve 13 letech dosáhnou 95 % konečné dospělé výšky a končí u nich zrychlený výškový růst, u 13letých chlapců růstový spurt teprve začíná a pokračuje přibližně do 15. roku.

Pro mladé sportovce v této věkové kategorii jsou mezinárodně používané zkratky Ux, kde U je převzato z anglického výrazu „under“ a x znamená příslušný rok. V našem případě tedy skupina U13 označuje sportovce – fotbalisty mladší třinácti let a skupina U15 sportovce – fotbalisty mladší patnácti let. Obě dvě skupiny pak spadají do širší věkové kategorie žáci, která je pro fotbalisty v České republice vymezena věkem 11 až 15 let.

2.1.1 Biologická specifika chlapců staršího školního věku

Kosterní systém

Jednotlivé kosti lidského skeletu prochází procesem kostnatění tzv. osifikací. Proces kostnatění začíná již v prenatálním období a není ukončen dříve než ve 14. roku života (např. u krátkých kostí). Osifikace dlouhých kostí většinou pokračuje do 18. až 20. roku života (Vargová, 2015). Chlapci v období staršího školního věku jsou díky tomu náchylnější ke vzniku některých poruch podpůrně pohybového aparátu.

Osifikace probíhá souběžně s růstem kostí. Zrychlený růst se projevuje především v oblasti dolních končetin a bývá často doprovázen tzv. disharmonickým vývojem, tedy nepoměrem mezi jednotlivými částmi těla. Růst kostí do délky je umožněn tzv. zónami hyalinních chrupavek neboli chrupavek růstových. Ty se uzavírají, tím pádem ukončují růst kostí do délky, a to nejčastěji mezi 14. a 20. rokem života (Vargová, 2015). Je tedy nutné dodržovat určité zásady při zatěžování těchto struktur a zamezit jejich přetěžování, které by mohlo mít negativní vliv na přirozený výškový růst chlapců. Neznamená to, že by se měla omezovat intenzita a objem pohybové aktivity, jedná se spíše o její formu, která je v rámci rozvoje používána.

Dostatečná a všestranná pohybová aktivita v období dospívání totiž ovlivňuje hustotu a pevnost kostí v průběhu života, s výraznou odezvou v pozdní dospělosti. Jedná se o ideální prevenci osteoporózy, se kterou je spojeno riziko nebezpečných fraktur s následným omezením nebo ztrátou mobility. Aby se její efekt projevil i ve vyšším věku, musí být působení pohybové aktivity dostatečně dlouhé a intenzivní. Znamená to věnovat se pohybové aktivitě i cvičení po celé dospívání. Vliv pohybové aktivity na vývoj kostry v průběhu dospívání je výrazně vyšší, hustota kostí se zvyšuje až o 30 %, než jak je tomu v dospělosti.

Při cíleném cvičení v dospělosti u žen před a po menopauze například vzroste hustota kostí jen asi o 4 % (Máček, Radvanský et al., 2011).

Svalový systém

Jansa a Dovalil (2009) uvádějí, že svaly dětí tvoří pouze okolo 36 % celkové hmotnosti těla, u dospělých mužů je udáváno 44 % hmotnosti.

Podobně jako je tomu u kostry sportovce, i svalová soustava se ještě vyvíjí. Jedná se především o nárůst svalové hmoty, se kterým je spojena vyšší úroveň silových schopností. Jansa a Dovalil (2007) uvádí, že nejvyšších přírůstků svalové síly dosahují sportovci – chlapci mezi 13. až 15. rokem. I přes to jsou chlapci v období staršího školního věku popisováni jako “samá ruka, samá noha“, protože akcelerovaný výškový růst předbíhá nárůst svalové hmoty a tím i tělesné hmotnosti obecně.

Parkkari, Pasanen, Mattila, Kannusa a Rimpelä (2008), Shea, Pfeiffer, Wang, Curtin a Apel (2004) a Van der Sluis et al. (2014) naznačují, že jsou to právě zmíněná biologická specifika, která dělají z fotbalistů ve věku od 11 do 15 let vysoce rizikovou skupinu náchylnou ke zranění vazů (ligament) kolenního kloubu.

2.1.2 Psycho-sociální specifika chlapců staršího školního věku

Období puberty bývá označováno za klíčové ve vývoji psychiky. Perič et al. (2012) uvádí, že v této fázi vývoje někdy vznikají hluboké zájmy, které bývají základem příští volby povolání. Dále se formuje vztah ke sportu jako k činnosti, která může přinést silné uspokojení. Chlapci nechápou sport už jen jako nezávaznou hru. Jsou si vědomi toho, že mu musí věnovat plné úsilí.

Podle Kučery, Koláře, Dylevského et al. (2011) je dané věkové období vzhledem k pohybové aktivitě charakteristické:

- vysokou potřebou pohybu,
- velkou pestrostí činností,
- výrazným propojením myšlenkových a pohybových projevů,
- preferencí aktivního odpočinku,
- velkou napodobovací schopností,
- zvýšeným vlivem kolektivu,
- poklesem autority vychovatelů,
- možností svalové přestavby při cílených aktivitách.

V souvislosti s pohybovou aktivitou je nutné zmínit fakt, že chlapci si v tomto období začínají plně uvědomovat, co je skutečně baví, že sport už není jen ta aktivita, do které byli mnozí nuceni rodiči. Rozhodují o tom, jakému sportu se budou chtít nadále věnovat a zda se mu vůbec věnovat budou. Přebírají větší odpovědnost za svoji činnost (Perič et al., 2012).

Emotivní vztahy a projevy chlapců k ostatním členům skupiny, ale i k sobě samým, jsou ovlivňovány velkou hormonální aktivitou (Perič et al., 2012). Na jedné straně dochází k uvolnění z přílišné závislosti na rodičích a na straně druhé k navazování diferencovanějších a vzájemnějších vztahů k vrstevníkům, a to jak v rámci chlapecké skupiny, tak i k jedincům opačného pohlaví (Jansa & Dovalil, 2009; Langmeier & Krejčířová, 2006).

2.1.3 Rozvoj kondičních schopností u chlapců staršího školního věku

S probíhajícím vývojem svalové soustavy velice úzce souvisí rozvoj nejen silových schopností, ale také koordinačních, rychlostních a vytrvalostních schopností. Zatímco úroveň silových, rychlostních a vytrvalostních schopností má tendenci se zvyšovat, u koordinačních schopností může nastat stagnace, popřípadě i mírné zhoršení (Kučera, Kolář, Dylevský et al., 2011). Bylo prokázáno, že 75 % z celkového rozvoje obratnosti dosažené v období mezi 7. až 17. rokem získali chlapci již do 12. roku života (Jansa & Dovalil, 2007). Perič et al., (2012) přisuzují zpomalení rozvoje koordinačních schopností po 12. roce nerovnoměrnému vývoji v tělesné výšce oproti svalové soustavě.

Neukončený tělesný vývoj je vážným důvodem k tomu, aby trenéři zvažovali, jakou kondiční schopnost rozvíjet neomezeně, jakou rozvíjet s dodržováním určitých omezení, a jakou schopnost rozvíjet raději v jiném období. Řeč je o tzv. senzitivním období (Tabulka 1), které Jansa a Dovalil (2007, 198) definují jako “vývojové časové etapy, které jsou zvláště vhodné pro trénink určitých sportovních úloh spojených s rozvojem pohybových schopností a dovedností.”

Tabulka 1. Senzitivní období pro rozvoj vybraných kondičních schopností (upraveno podle Jansy & Dovalila, 2007; Periče et al., 2012)

	Senzitivní období pro rozvoj vybrané schopnosti
Koordinační schopnosti	7 – 12 roků
Rychlostní schopnosti	7 – 14 roků
Silové schopnosti	13 – 15 roků
Vytrvalostní schopnosti	neomezené věkem
Kloubní pohyblivost	9 – 13 roků

Konkrétní věková rozmezí senzitivních období je nutné brát s přihlédnutím k tomu, že jednotlivé schopnosti se mohou dále dělit. Silové schopnosti např. na rozvoj maximální síly, explozivní síly, silové vytrvalosti apod. Pro jednotlivé “subsčopnosti“ můžeme nalézt také jiná senzitivní období. Uvedené intervaly jsou proto spíše orientační a pouze naznačují, že k rozvoji kondičních schopností u chlapců staršího školního věku nelze přistupovat stejně jako při rozvoji stejných schopností u dospělých.

2.2 Charakteristika fotbalu

Fotbal je kolektivní sportovní hra brankového typu. Jeden tým je tvořen jedenácti hráči – deset v poli a jeden brankář. Hracím předmětem je míč. Cílem hry je vstřelit více gólů než soupeř, a to v hrací době dvakrát 45 minut. Hráči se pohybují po obdélníkovém hřišti, které je vymezeno čarami. Rozměry fotbalových hřišť se pohybují v rozmezí 90 m až 120 m délky a 45 m až 90 m šířky. Utkání řídí trojice až pětice rozhodčích, z nichž jeden je hlavní, dva rozhodčí jsou postranní a někdy jsou na hřišti přítomni dva další – brankovní rozhodčí (Kureš et al., 2016).

2.2.1 Věkové kategorie ve fotbalu

Kromě základní věkové kategorie dospělí (nad 18 let), určuje Fotbalová asociace České republiky (dále jen FAČR) také mládežnické kategorie. Soutěžní řád mládeže a žen FAČR rozřazuje mládež do kategorií přípravek, žáci a dorost (Tabulka 2).

Tabulka 2. Věkové kategorie fotbalové mládeže v ČR (upraveno podle Soutěžního řádu mládeže a žen FAČR, 2017).

Kategorie	Kategorie mládeže	Věkové	Základní	Dovršený
Přípravky	Kategorie mladší přípravek	U6	5 let	6 let
		U7	6 let	7 let
		U8	7 let	8 let
		U9	8 let	9 let
	Kategorie starší přípravek	U10	9 let	10 let
		U11	10 let	11 let
Žáci	Kategorie mladší žáci	U12	11 let	12 let
		U13	12 let	13 let
	Kategorie starší žáci	U14	13 let	14 let
		U15	14 let	15 let
Dorost	Kategorie mladší dorost	U16	15 let	16 let
		U17	16 let	17 let
	Kategorie starší dorost	U18	17 let	18 let
		U19	18 let	19 let

Vysvětlivky: Věková kategorie experimentální skupiny je zvýrazněna šedou barvou.

Základním pravidlům popsaným v kapitole 2.2 podléhají utkání věkové kategorie dospělí, starší a mladší dorost, a starší žáci (s výjimkou hrací doby). V kategorii mladších žáků a přípravek se v pravidlech objevuje hned několik zásadních rozdílů (viz Pravidla fotbalu malých forem dále v této kapitole). Fotbal žen se řídí Soutěžním řádem fotbalu žen a pro účely této diplomové práce není podstatný, proto se práce dále zabývá pouze mužskými kategoriemi.

Pro věkové kategorie mladší žáci (dále jen MŽ), starší přípravek (dále jen SP) a mladší přípravek (dále jen MP), platí Pravidla fotbalu malých forem. Tato pravidla byla vytvořena proto, aby umožnila co nejlepší rozvoj fotbalistů právě v mládežnických kategoriích, kde je možnost naučit se fotbal nejintenzivněji v mnoha směrech. Hlavní odlišnost od Pravidel fotbalu představuje počet hráčů (MP 4+1, SP 5+1, MŽ 7+1), velikost hřiště (MP 24-27 m × 35-38 m, SP 24-27 m × 40-45 m, MŽ 43-50 m × 50-70 m), velikost branek (2 × 5 m pro všechny tři věkové kategorie) a hrací doba (MP 4 × 15 minut, SP 4 × 17 minut, MŽ 3 × 30-35 minut). Mezi další rozdíly řadíme velikost míče, pozměněná pravidla pro tzv. malou domů, rozehrávání brankářem apod. (Plachý et al., 2016; Soutěžní řád mládeže a žen FAČR, 2017).

2.2.2 Fotbalové soutěže žáků v České republice

Různé fotbalové soutěže žáků v rámci České republiky reprezentují různé výkonnostní úrovně. Nejnížší výkonnostní úroveň mají soutěže žáků dle rozpisu soutěží okresního fotbalového svazu, na ně navazují soutěže žáků dle rozpisu soutěží Pražského fotbalového svazu a soutěže žáků dle rozpisu soutěží krajského fotbalového svazu. Nad krajskými soutěžemi jsou divize a pomyslný výkonnostní vrchol představují České a Moravskoslezské žakovské ligy (Tabulky 3 a 4) (Soutěžní řád mládeže a žen FAČR, 2017). Chlapci zařazení do našeho výzkumu jsou účastníky soutěží nejvyšší výkonnostní úrovně.

Tabulka 3. Fotbalové soutěže mladších žáků v ČR (upraveno podle Soutěžního řádu mládeže a žen FAČR, 2017)

Mladší žáci
a) Česká liga SpSM U13,
b) Moravskoslezská liga SpSM U13,
c) Česká liga SpSM U12,
d) Moravskoslezská liga SpSM U12,
e) soutěže mladších žáků dle rozpisu soutěží krajského fotbalového svazu,
f) soutěže mladších žáků dle rozpisu soutěží Pražského fotbalového svazu,
g) soutěže mladších žáků dle rozpisu soutěží okresního fotbalového svazu.

Tabulka 4. Fotbalové soutěže starších žáků v ČR (upraveno podle Soutěžního řádu mládeže a žen FAČR, 2017)

Starší žáci
a) Česká liga SpSM U15,
b) Moravskoslezská liga SpSM U15,
c) Česká liga SpSM U14,
d) Moravskoslezská liga SpSM U14,
e) Moravskoslezská divize,
f) soutěže starších žáků dle rozpisu soutěží krajského fotbalového svazu,
g) soutěže starších žáků dle rozpisu soutěží Pražského fotbalového svazu,
h) soutěže starších žáků dle rozpisu soutěží okresního fotbalového svazu.

2.2.3 Sportovní trénink ve fotbalu

Princip sportovního tréninku ve fotbalu: V nejobecnějším měřítku jde všem fotbalovým trenérům a jejich svěřencům o zlepšování individuálního a týmového herního výkonu (viz kapitola 2.2.4). Nejčastěji používaným nástrojem pro rozvoj schopností a dovedností je trénink. Z fyziologického hlediska se jedná o působení adaptačních podnětů na organismus sportovce. Pokud působí adaptační podněty dlouhodobě, dochází k tzv. kumulativnímu tréninkovému efektu (Dovalil et al., 2012).

Dlouhodobé působení adaptačních podnětů na sportovce není jediným pravidlem, které je třeba dodržovat, aby byl zajištěn růst sportovního výkonu. Mnohem důležitější je pravidlo střídání zatížení a zotavení, což platí obecně pro všechna sportovní odvětví, nejen pro fotbal. Jen při správném načasování další tréninkové jednotky je umožněn sportovní růst jedince (Hohman, Lames, & Letzelter, 2010). Pod správným načasováním se do jisté míry skrývá pojem superkompenzace – prvně popsána německým patologem Weigertem jako “zvýšená úroveň energetického potenciálu v důsledku předchozí činnosti.“ Právě v době probíhající superkompenzace by mělo dojít k dalšímu adaptačnímu podnětu (Dovalil et al., 2012).

Průběh fotbalové sezony: Fotbalová sezona obsahuje 2 přípravná, 2 soutěžní a 2 přechodná období. Přípravná období jsou charakteristická větším tréninkovým objemem a nižší intenzitou. Hlavním cílem přípravy je zlepšení obecných kondičních schopností. Elitní mládežnické kluby mají tréninky 4 až 5 dní v týdnu, někdy i vícefázové, doplněné o přípravná utkání.

Směrem k soutěžnímu období se intenzita tréninku zvyšuje a objem zmenšuje. Zaměření tréninku je více na specifické kondiční schopnosti. V období soutěžním se snižuje počet

tréninkových jednotek oproti období přípravnému, ale navíc je zařazeno soutěžní utkání. Trénink se více zaměřuje na herní dovednosti a na udržení kondice.

V přechodném období se fotbalistům doporučuje zařadit jinou formu pohybové aktivity, než je fotbal. Jedná se o období, které je spojené s úplným obnovením fyzických a psychických sil před další částí sezony.

Je zřejmé, že v průběhu fotbalové sezony se vyskytují etapy, které kladou vyšší fyzické nároky na sportovce (přípravné a soutěžní období). S tím je spojena i vyšší úroveň fyzické únavy. Kulminace fyzické únavy by se teoreticky měla objevovat v závěrečné fázi soutěžních utkání. Naznačují to i studie, které se zaměřují na výskyt zranění ve fotbalu, např. Ekstrand, Hägglund a Waldén (2009).

2.2.4 Herní výkon ve fotbalu

Herní výkon ve fotbalu je velmi komplexní záležitostí. Podle Votíka a Zalabáka (2011) se rozlišují dva základní druhy herního výkonu ve fotbalu:

- **týmový herní výkon** (dále THV), do kterého řadíme herní kombinace a systémy hry,
- **individuální herní výkon** (dále IHV), který se skládá z obranných a útočných herních činností jednotlivce (dále jen HČJ obranné/útočné).

Týmový herní výkon

Mezi základní determinanty THV patří dynamika vztahů mezi hráči, sociální soudržnost, úroveň komunikace, motivace hráčů apod. Cílem THV je vítězství v utkání, což v praxi znamená bránění soupeři v dosažení branky a současná snaha branku vstřelit (Votík & Zalabák, 2011).

Prostředkem THV jsou **herní kombinace** (Tabulka 5) definované Votíkem a Zalabákem (2011, 80) jako “vědomá a záměrná spolupráce dvou a více hráčů.“ Kooperace hráčů na hřišti se poté odvíjí od zvoleného **systemu hry** (Tabulka 5). Obránci více spolupracují jen s brankářem a záložníky, útočníci spolupracují častěji se záložní řadou.

Tabulka 5. Schéma THV ve fotbalu (upraveno podle Votíka & Zalabáka, 2011, 32)

Herní kombinace		
útočné	založené na	přihrávce výměně místa činnosti “přihraj a běž“
obránné	založené na	vzájemném zajišťování přebírání hráčů zesíleném obsazování hráčů s míčem součinnosti při vystavení soupeře do postavení mimo hru
Herní systémy		
útočné	systém	postupného útoku rychlého protiútoku kombinovaného útoku
obránné	systém	zónové (územní obrany) osobní obrany kombinované obrany

Individuální herní výkon

U Votíka (2003) a Votíka a Zalabáka (2011) se setkáváme s tvrzením, že IHV má vždy formu HČJ. Bernaciková, Kapounková, Novotný et al., (2015) uvádějí, že HČJ jsou ovlivňovány kondičními schopnostmi hráčů, somatickými charakteristikami hráčů a technickou, taktickou a psychickou vyspělostí hráčů (Obrázek 2).



Obrázek 2. Schéma faktorů ovlivňujících fotbalový výkon (upraveno podle Bernacikové, Kapounkové, Novotného et al., 2015)

Votík (2003), Fajfer (2005) a Votík a Zalabák (2011) řadí do obsahu IHV HČJ útočné a HČJ obranné (Tabulka 6). Specifická je v tomto ohledu hra brankáře. Její specifičnost je určena zejména tím, že brankář může jako jediný hráč na hřišti chytat míč do rukou.

Tabulka 6. Schéma IHV ve fotbalu (upraveno podle Votíka & Zalabáka, 2011, 32)

Herní činnosti jednotlivce		
útočné		výběr místa přihrávání zpracování míče vedení míče obcházení střelba
obrné		obsazování hráče s míčem obsazování hráče bez míče obsazování prostoru odebírání míče
Hra brankáře		
útočná fáze	bez míče	řízení hry výběr místa
	s míčem	vykopávání přihrávání vedení obcházení – zpracování
obrná fáze	bez míče	řízení hry volba optimálního postavení
	s míčem	chytání vyražení odebírání

Zvláštní skupinou, která je také součástí herního výkonu ve fotbalu, jsou standardní situace, které Votík a Zalabák (2011) řadí jak k THV tak i k IHV. Standardní situace mohou být záležitostmi IHV, pokud se jedná například o rozehrání standardní situace přímou střelou na branku. Pokud je standardní situace rozehrána přihrávkou na spoluhráče, jedná se o součást THV. Votík a Zalabák (2011) řadí do kategorie standardní situace následující: zahájení hry, míč rozhodčího, vhazování míče, kop od branky, přímý volný kop, nepřímý volný kop, kop z rohu, pokutový kop.

Z popsaného herního výkonu ve fotbalu vyplývá, že hráči musí disponovat širokým spektrem herních dovedností. Ty jsou prováděny většinou ve vysoké intenzitě a pod fyzickým stresem. Stølen, Chamari, Castagna a Wisløff (2005) uvádí, že elitní fotbalisté naběhají za jeden zápas okolo 10 km, které absolvují v průměrné intenzitě zatížení odpovídající hranici

anaerobního prahu (odpovídá asi 80-90 % maximální tepové frekvence). Jejich průměrná tepová frekvence (v tepech za minutu) v zápasu se pohybuje okolo 155 u obránců, 170 u záložníků a 171 u útočníků. Atan, Foskett a Ali (2016) zjistili, že u fotbalistů věkové kategorie U13 a U15 je překonaná vzdálenost v absolutních hodnotách nižší (5385 ± 1296 m, respektive 6600 ± 1480 m) a to nejen z důvodu nižší aerobní zdatnosti, ale hlavně z důvodu kratší hrací doby jednoho utkání. Průměrná intenzita zatížení se však výrazně neliší, což dokazují Strøyer, Hansen a Klausen (2004), z jejichž studie je patrné, že průměrná tepová frekvence u fotbalistů ve věkové kategorii žáci je dokonce vyšší (173-177) než u dospělých elitních fotbalistů. S přihlédnutím k faktu, že s věkem klesá maximální tepová frekvence, se jedná o hodnoty, které odpovídají úrovni anaerobního prahu u věkové kategorie žáci.

Zmíněná překonaná vzdálenost v jednom utkání zahrnuje mnoho pohybových činností explozivního charakteru, jako jsou výskoky, kopání do míče, obíhání protihráčů, vzdušné a pozemní souboje (tzv. tělo na tělo), sprintování, prudké změny směru běhu, změny rychlosti běhu a podobně (Nunome, Drust, & Dawson, 2013). Podle studie, kterou provedla FIFA (2009), dochází ke změně směru a rychlosti běhu u hráčů fotbalu každých 4-6 sekund. Studie dále uvádí, že změny směru mohou být kategorizovány podle relativní velikosti změny směru a to o 0-90° oproti původnímu směru pohybu nebo 90-180° oproti původnímu směru pohybu. Změny směru a rychlosti běhu se většinou vyskytují jako reakce na neočekávané herní situace. Jedná se především o rychlé "přepnutí" z obrany do útoku, reakce na soupeřův pohyb nebo reakce na neočekávané přihrávky, popřípadě odražené a tečované míče.

2.3 Zranění ve fotbalu

Velmi vysoký počet aktivních hráčů fotbalu (dnes cca 240 milionů) znamená také vysoký počet sportovních zranění a to napříč věkovými kategoriemi, výkonnostními úrovněmi a v dnešní době také u obou pohlaví, protože i u dívek a žen je fotbal sportem poměrně populárním (Waldén, Hägglund, Werner, & Ekstränd, 2011).

Jako většina sportovních disciplín i fotbal prochází neustálými změnami. Hra se zrychluje, technika a taktika se zdokonalují. S tím souvisí vyšší nároky na sportovce jak mentální, tak fyzické. S větším fyzickým vypětím často přichází kratší doba regenerace a s tím spojená vyšší míra únavy. S rostoucí únavou jsou sportovci vystaveni vyššímu riziku zranění (Ekstränd, Hägglund, & Waldén, 2009).

2.3.1 Evidence zranění ve fotbalu

Všichni registrovaní fotbalisté spadají pod hlavní řídicí orgán celosvětového fotbalu, který nese název Fédération Internationale de Football Association (dále jen FIFA). V nejobecnějším měřítku mají členské asociace FIFA (dnes 211 asociací) na starost „hladký“ průběh všech jejich soutěží pro všechny věkové kategorie, všechny výkonnostní úrovně a pro obě pohlaví, v duchu fair play. Do zmíněného „hladkého“ průběhu soutěží spadá i otázka zdraví hráčů, kterou se členové FIFA začali intenzivně zabývat v roce 1994, kdy založili FIFA Medical Assessment and Research Centre, známý pod zkratkou F-MARC. Jedná se o hlavní výzkumné centrum světového fotbalu, které přináší vědecké poznatky z oblasti fotbalové medicíny. Hlavní témata výzkumu F-MARC v současné době (Tabulka 7) jsou zaměřena především na prevenci zranění ve všech fotbalových soutěžích (Hoogheet al., 2017).

Tabulka 7. Aktuální témata výzkumu F-MARC (upraveno podle Hoogheet al., 2017)

Ochrana zdraví hráčů	Charakteristika zranění, rizikové faktory zranění, prevence zranění (na všech výkonnostních úrovních, včetně rozhodčích) Environmentální faktory mající vliv na riziko zranění
Zlepšení standardů péče ve fotbalové medicíně	Boj proti dopingu ve fotbalu
Fotbal pro zdraví	Podpora zdraví pomocí fotbalu a využití hry jako edukační platformy

Od r. 1994 se F-MARC stará o evidenci zranění ve fotbalu. Dlouhodobě sleduje výskyt zranění a získaná data dále slouží k tvorbě preventivních programů.

Na skutečnost, že je zapotřebí věnovat se prevenci zranění ve fotbalu, poukazují výsledky epidemiologických studií zaměřených na výskyt zranění ve fotbalu. Tyto studie vycházejí z dat získaných za posledních několik let prostřednictvím členských asociací FIFA a ve spolupráci s F-MARC. Ať už se výskyt zranění vyjadřuje reálným číslem nebo poměrem k hodinovému zatížení, jde stále o velmi vysoké, někdy až alarmující hodnoty (Rössler, Junge, Chomiak, Dvořák, & Faude, 2016).

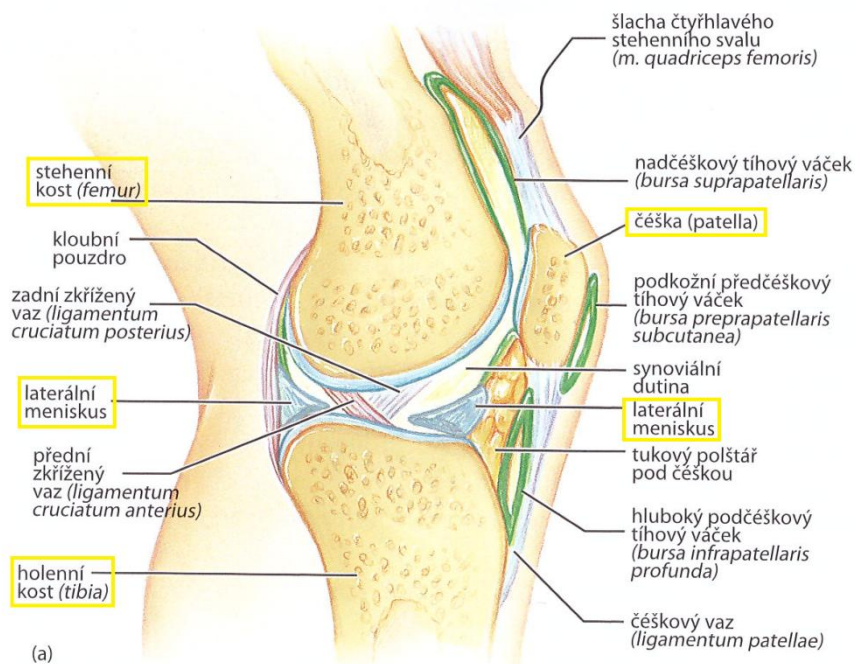
Rössler et al. (2016) zjistili, že v mládežnických kategoriích je zranění dolních končetin zastoupeno z více než 76 % z celkového počtu zranění. Typem zranění převažuje poškození ligament (30 %), následují pohmožděniny (23 %), svalová zranění (18 %) a zlomeniny (15 %).

2.4 Poranění ligament kolenního kloubu

Poranění ligament je nejčastějším typem poranění dolní končetiny u fotbalistů mládežnických kategorií (Rössler et al., 2016). Největší nároky jsou přitom kladeny na ligamenta kolenního kloubu. Poranění ligament, stejně jako poranění menisků nebo poranění kloubního pouzdra kolene, označuje Martinková (2013) jako poranění tzv. měkkého kolene.

2.4.1 Anatomie kolenního kloubu

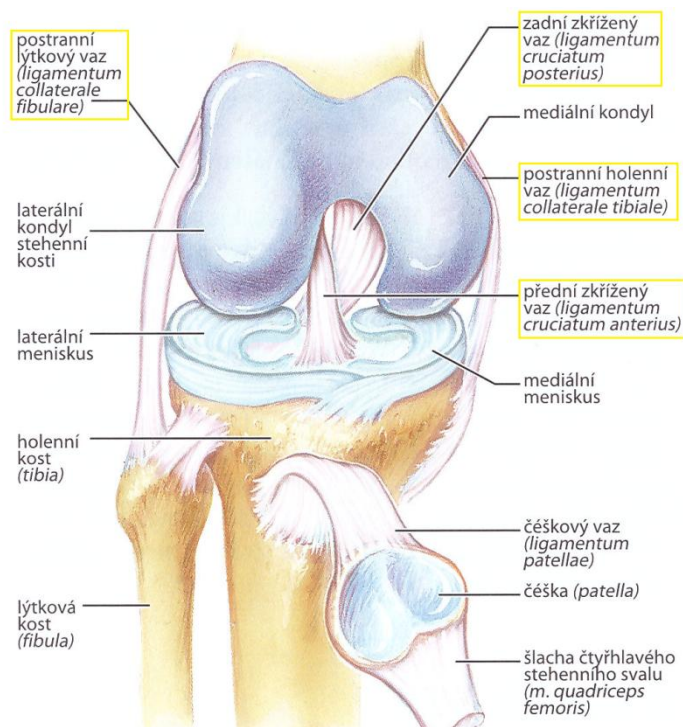
Kolenní kloub je kloubem složeným, protože se v něm stýkají femur, tibia, patella a vazivově chrupavčité kloubní menisky (Obrázek 3). Hlavici kloubu tvoří mediální a laterální kondyl femuru, jamka je tvořena mediálním a laterálním kondylem tibie. Mezi oba kondyly femuru a tibie jsou vloženy menisky, které dotvářejí kloubní jamku. Patela je vnitřní plochou přivrácena do nitra kloubu, zevní plochou je pevně zavzata do šlachy musculus (dále jen m.) quadriceps femoris, která přechází do ligamentum patellae (Naňka & Elišková, 2015).



Obrázek 3. Sagitální řez kolenem – laterálně od střední čáry (Marieb & Mallat, 2005).

Kloubní pouzdro kolene je velmi silné a je aktivně stabilizováno aktivitou m. quadriceps femoris na přední straně stehna, a m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus na zadní straně stehna (Martinková, 2013). O tzv. pasivní stabilitu kolene se starají menisky a ligamenta. Nejdůležitější stabilizační funkci plní dva kolaterální vazy –

ligamentum collaterale fibulare et tibiale, a dva nitrokloubní vazy – ligamentum cruciatum anterius et posterius (Obrázek 4). Kolenní kloub disponuje ještě dalšími vazy, mezi které patří tzv. vazy přední (ligamentum retinaculum patellae, ligamentum patellae), vazy zadní (ligamentum popliteum obliquum, ligamentum popliteum arcuatum) a další drobné vazy (Dylevský, 2011; Watkins 2010).



Obrázek 4. Pravé koleno ve flexi – pohled zepředu (Marieb & Mallat, 2005)

Ligamentum collaterale fibulare sestupuje z laterálního epikondylu femuru k hlavici fibuly. Ligamentum collaterale tibiale, probíhá od mediálního epikondylu femuru k mediální části tibie (Naňka & Eišková, 2015). Obě tato ligamenta jsou relativně povolena, když je kolenní kloub ve flexi. Napínají se s postupnou extenzí v kolenním kloubu a jsou plně napnutá v okamžiku, kdy je kolenní kloub v plné extenzi. Jejich hlavní funkcí je prevence hyperextenze v kolenním kloubu. Dále zabraňují laterální rotaci tibie vůči femuru (Watkins, 2010).

Ligamentum cruciatum posterius (dále jen LCP) začíná na zadní části tibie v oblasti mezi kondylu a probíhá dopředu, kde se upíná na laterální stranu mediálního kondylu femuru. LCP zabraňuje klouzání femuru dopředu nebo posunutí tibie vzad. Dále se podílí na zafixování kolenního kloubu ve stoji, tzv. zamknutí kolene (Marieb & Mallat, 2005).

Ligamentum cruciatum anterius (dále jen LCA) se připojuje na přední část tibie v oblasti mezi kondyly, odkud probíhá dozadu a upíná se na mediální straně laterálního kondylu femuru (Marieb & Mallat, 2005).

LCA se skládá ze dvou částí, které poprvé popsal Palmer (1938). Jedná se o část anteromediální (dále jen AM) a posterolaterální (dále jen PL). Gabriel, Wong, Woo et al. (2004) zjistili, že PL část se nejvíce napíná při extenzi kolenního kloubu a relativně se uvolňuje s postupnou flexí v kolenním kloubu. Zatímco AM část je relativně uvolněná při extenzi kolenního kloubu a maximálního napnutí dosahuje v okamžiku, kdy flexe v kolenním kloubu dosáhne úhlu 60°. I přes to, že obě části LCA vykazují do jisté míry rozdílné znaky v chování, v konečném efektu působí jako synergisté při stabilizaci kolene.

LCA napomáhá předcházet klouzání tibie dopředu. Dále se významně podílí na rotační stabilitě kolenního kloubu (Marieb & Mallat, 2005).

2.4.2 Závažnost poranění LCA

Laible a Sherman (2014) uvádí, že nejčastěji poraněným kolenním vazem fotbalistů je LCA. 75 % poranění LCA jsou tzv. non-contact, což znamená, že si je hráč přivodí sám, bez soupeřova zavinění. Jedná se o poranění, které si vyžaduje nejdéle nucenou absenci v tréninkovém a zápasovém procesu (Horsley & Herrington, 2016). Velice závažné je poranění LCA také proto, že více než 25 % fotbalových hráčů se po poranění LCA nevrátí na původní výkonnostní úroveň ani po úspěšné operaci a rehabilitaci (Brophy et al., 2012; Waldén, Hägglund, Magnusson, & Ekstrand, 2016). 65 % hráčů se 7 let po poranění už dále nemůže věnovat fotbalu vůbec (Brophy et al., 2012). Bez ohledu na způsob léčby a rehabilitace, 31 % pacientů uvádí mírné až závažné omezení při chůzi a 44 % pacientů uvádí omezení v každodenních činnostech (Noyes, Mooar, Matthews, & Butler, 1983).

2.4.3 Faktory ovlivňující riziko poranění LCA

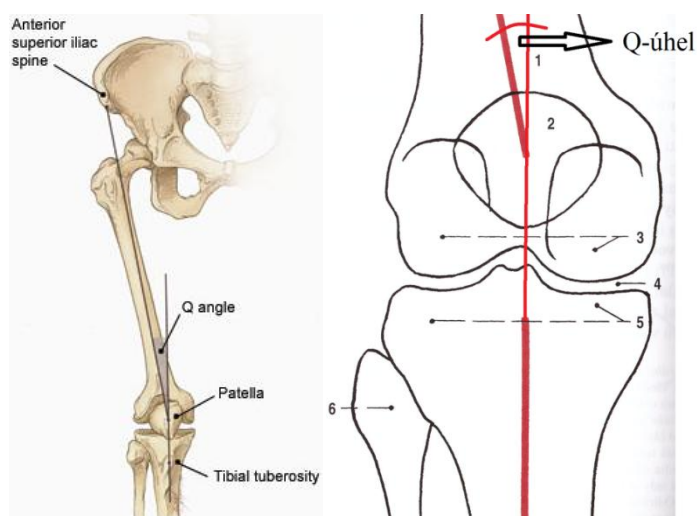
Poranění LCA nezpůsobuje pouze jediná příčina. Ve většině případů poranění se jedná o souhru více faktorů působících ve stejném času. Nejvíce ovlivňují riziko poranění LCA faktory environmentální, anatomické, hormonální, neuromuskulární (únava), dále rizikové pohyby, mezi které řadíme např. špatnou techniku dopadu, prudké změny směru běhu, změny tempa běhu apod. (Laible & Sherman, 2014). Parkkari, Pasanen, Mattila, Kannus a Rimpelä (2008) uvádějí, že také věk sportovce může sehrát významnou roli při zvýšení rizika poranění LCA.

Environmentální faktory: Jedná se o faktory, jako je například počasí, herní povrch nebo obutí hráčů. Signifikantně vyšší riziko poranění LCA bylo zaznamenáno při hře na umělém povrchu starších generací. Na umělém povrchu nejnovější generace se však celkový počet zranění (vzhledem k hodinovému zatížení) téměř shoduje s výskytem zranění na přírodním povrchu (Ekstrand et al., 2006; Fuller et al., 2007a, 2007b; Steffen et al., 2007). Malé rozdíly byly zaznamenány u typu poranění. Ekstrand et al. (2006) uvádí, že při hře na umělém povrchu bylo zaznamenáno více podvrtnutí hlezenního kloubu, než při hře na přírodním povrchu. Počet poranění LCA se významně nelišil. Dále bylo zjištěno, že čím je povrch sušší, tím se zvyšuje koeficient tření a roste riziko poranění LCA.

V dnešní době je trendem zabývat se také obutím fotbalistů, kteří by měli disponovat minimálně dvěma druhy kopaček – na umělý, tvrdý povrch, a na měkký, mokrý povrch.

Anatomické faktory: Hrana interkondylární jamky femuru může sehrát zásadní roli při poranění LCA. A to konkrétně u žen fotbalistek. Ženy mají oproti mužům tuto jamku, kterou LCA prochází, užší (muži = $19,3 \pm 3,3$ mm; ženy = $17,4 \pm 3,1$ mm) a při rotačních pohybech může docházet k mikrotraumatům LCA, kdy se LCA dostává do kontaktu s hranou interkondylární jamky femuru (Palmer, 1938).

Druhým významným anatomickým faktorem je valgózní postavení kolenního kloubu. Valgozitu kolenního kloubu určuje tzv. Q-úhel, který udává postavení těla femuru vůči ose tibie (Obrázek 5). Tento úhel nemá překročit u mužů 10° , u žen 15° . Rozdíl mezi velikostí úhlu u mužů a žen je způsoben tím, že ženy mají obecně širší pánev a tím pádem šikměji postavený femur. S rostoucí velikostí Q-úhlu roste riziko poranění LCA (Čihák, 2011; Shambaugh, Klein, & Herbert, 1991).



Obrázek 5. Znázornění Q-úhlu (Čihák, 2011)

Hormonální faktory: Tématem hormonálních faktorů ovlivňujících riziko výskytu poranění LCA se dnes zabývá řada odborníků. Zatím bylo zjištěno, že ženy jsou více náchylné k poranění LCA v době ovulace. Studie naznačují, že se jedná zejména o ženy, které neužívají perorální kontraceptiva (Wojtys, Huston, & Boynton, 2002).

Neuromuskulární faktory: Současné studie naznačují, že se jedná o stěžejní faktory. Zejména tzv. neuromuskulární kontrola nebo stabilizace, kterou Laible a Sherman (2014) popisují jako nevědomé zapojování ochranných struktur kloubu, včetně svalů kloubu, které reagují na měnící se stimuly. V podstatě se jedná o efektivní zapojení propriocepčních receptorů svalů – svalových vřetének a šlachových tělísek a o přesný a efektivní nábor jednotlivých motorických jednotek svalů kolenního kloubu. Jde o faktory, které jsou tréninkem jednoznačně nejvíce ovlivnitelné.

Mezi další faktory, které působí na riziko výskytu poranění LCA, patří nerovnováha mezi posílením svalů přední strany stehna (m. quadriceps femoris) a svaly na zadní straně stehna (m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus), svalová únava, oslabený hluboký stabilizační systém apod. (Laible & Sherman, 2014).

Rozzi, Lephart a Fu (1999) uvádějí, že únava snižuje působení neuromuskulární komponenty dynamiky kolenního kloubu, která se zapojuje jako stabilizační systém kolene. Při jejím poklesu dochází k působení vyššího tlaku na pasivní stabilizátory (ligamenta) a zvyšuje se riziko poranění LCA. Snížená schopnost neuromuskulární stabilizace v důsledku únavy se jeví jako zcela zásadní faktor při výskytu poranění LCA.

Věk: Parkkari, Pasanen, Mattila, Kannus a Rimpelä (2008) uvádějí, že s rostoucím chronologickým věkem roste i riziko výskytu poranění LCA. Neznamená to však, že fotbalisté mládežnických kategorií jsou vystaveni riziku nejnižšímu. A to z toho důvodu, že u těchto mladých sportovců ještě není zcela ukončen rozvoj pohybového systému. Shea, Pfeiffer, Wang, Curtin a Apel (2004) uvádějí, že právě z důvodu neukončeného vývoje je nejrizikovější skupina sportovců věkové kategorie 16 až 18 let. Van der Sluis et al. (2014) označuje za nejrizikovější skupinu sportovců v období konce růstového spurtu (přibližně 13 až 15 let), kdy existují velké rozdíly v rozvoji jednotlivých subsystémů lidského těla.

Rizikové pohyby: Pohyby, při kterých vzniká největší riziko poranění LCA, jsou prudké změny směru běhu, prudké změny tempa běhu, rotační pohyby ve vzpřímené poloze, malá změna flexe v kolenním a kyčelním kloubu při dopadu, valgózní postavení kolenního kloubu

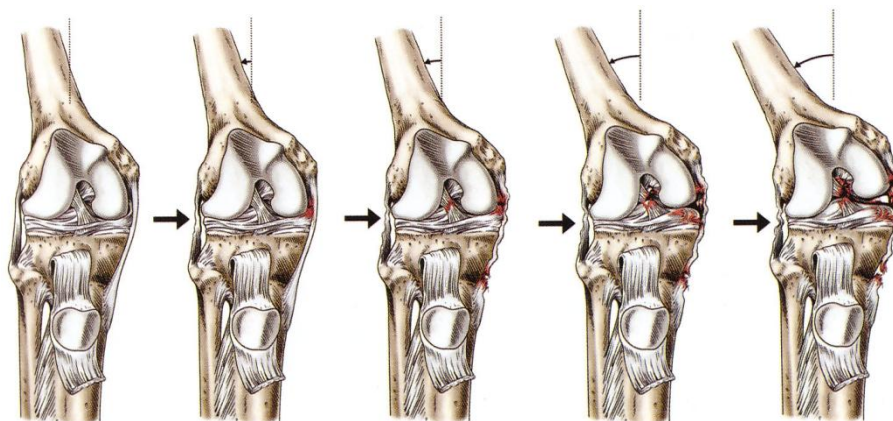
při dopadu nebo dopad na plochá chodidla, popřípadě na paty. Jak již bylo zmíněno, jedná se o pohyby, které tvoří základ fotbalového výkonu (Laible & Sherman, 2014).

V souvislosti s rizikovými faktory je nutné zmínit fakt, že únava by mohla mít velký vliv na kvalitu provedení různých pohybů. Konkrétně dopad, při kterém dochází k velkému zatížení měkkých struktur kolene, může být zásadně ovlivněn únavou neuromuskulárního systému. Studie naznačují, že následkem únavy dochází k většímu pohybu kolenního kloubu ve frontální rovině. Jinými slovy, kolenní kloub se mnohem snadněji dostane do rizikového valgózního postavení (Padua et al., 2009).

2.4.4 Mechanismus poranění LCA

Všechny rizikové pohyby mají nějakým způsobem vliv na aktuální působení sil uvnitř kloubu. Za vůbec nejrizikovější postavení kolenního kloubu považuje Whiting a Zernicke (2008) tzv. valgózní postavení kolenního kloubu společně s vnější tibiální rotací a hyperextenzi kolenního kloubu s vnitřní tibiální rotací. Martinková (2013) uvádí termín páčení do strany a rotační pohyb těla při pevně fixovaném bérce, ale v podstatě se jedná o stejné působení sil.

Při zmíněných pohybech dochází k výraznému zatížení LCA (Obrázek 6). Velmi často se kolenní kloub do takového postavení dostává při dopadu, kdy dochází k prudkému brzdění horizontálního pohybu těla a zároveň brzdění vertikálního pohybu těla (tzv. tlumení dopadu).



Obrázek 6. Mechanismus vzniku poranění tzv. měkkého kolene (Martinková, 2009)

Berns, Hull a Paterson (1992) zjistili, že samotné valgózní postavení kolenního kloubu, stejně jako samotná vnitřní nebo vnější tibiální rotace, nemá zásadní vliv na zatížení LCA (pozorována byla AM část LCA). Největší zatížení AM části LCA bylo pozorováno při působení smykové síly (z angl. shear force) na proximálním konci tibie v kombinaci

s valgózním postavením kolenního kloubu. Působení smykové síly na proximálním konci tibie se objevuje zejména při dopadech, kdy má tibie tendenci k pohybu v předozadní rovině.

2.5 Nástroj pro vyhodnocení biomechaniky dopadu

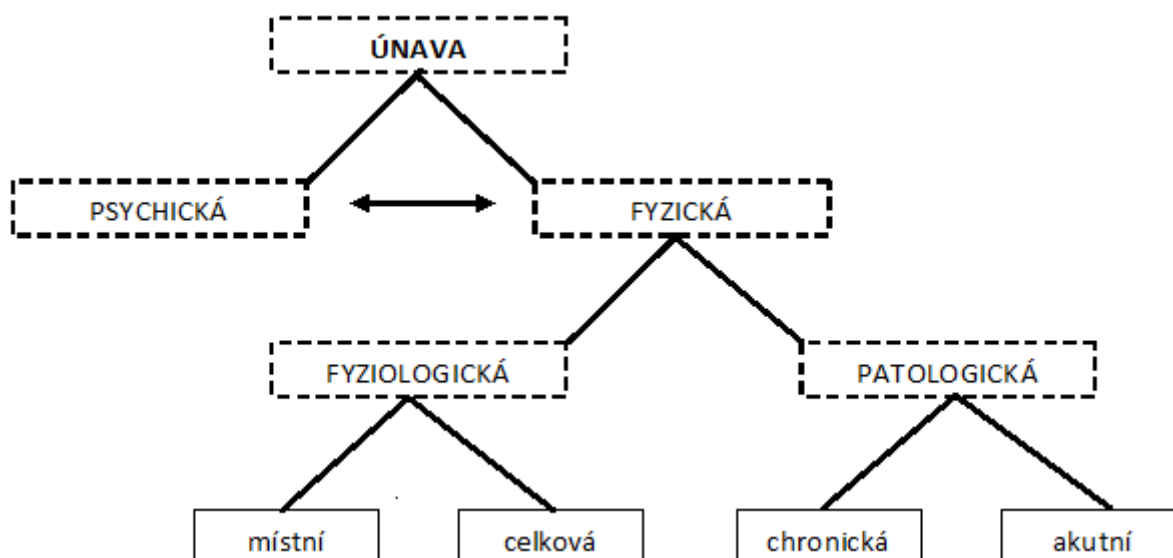
Problematika dopadu je v současné době podrobně řešené téma. Na základě provedených výzkumů byl vytvořen tzv. LESS systém (z angl. Landing Error Scoring System) pro vyhodnocování dopadu (Příloha 1). Jedná se o 17bodovou škálu, která zohledňuje více faktorů. Kruciálními body jsou míra valgózního postavení v kolenním kloubu při dopadu, vnější a vnitřní tibiální rotace, velikost změny flexe v kolenním a kyčelním kloubu – tzv. měkký dopad a dopad v pořadí špička-pata. Podle Pauda et al. (2015) se jedná o spolehlivý ukazatel biomechaniky dopadu s ohledem na šetrnost k vazům kolene.

2.6 Únava

Únava je jev, se kterým se denně setkává prakticky každý člověk. Tento pojem může být chápán minimálně dvěma způsoby. Na jedné straně může vyjadřovat subjektivní pocity a zkušenosti jedince (nechuť pokračovat v činnosti, slabost, bolesti ve svalech, píchání v boku, zhoršené vnímání), na straně druhé objektivní změny (pokles výkonnosti, narušení koordinace a reaktivity, výskyt bílkovin v moči apod.), které lze registrovat zejména při intenzivnější tělesné zátěži (Máček & Radvanský, 2011).

Únavu lze rozdělit podle několika kritérií (Obrázek 7). V nejobecnější rovině se dělí na fyzickou únavu, vyvolanou zejména svalovou činností, a psychickou únavu. Podle místa působení únavy se dále dělí na celkovou únavu, vznikající při činnostech, během kterých se zapojuje více než 2/3 všech svalových skupin, a na únavu místní, která vzniká jako následek činnosti, při které se zapojuje jen malý počet svalových skupin (Dovalil et al., 2012).

Podle dalšího dělení lze únavu rozdělit na únavu fyziologickou a patologickou. Fyziologická únava vzniká automaticky při každé pohybové aktivitě a slouží v podstatě jako ochranný mechanismus, který chrání organismus před vyčerpáním. Pokud ale překročíme práh tolerance zatížení, dojde ke vzniku únavy patologické. Ta se může projevit okamžitě jako tzv. únava akutní. Pokud ale dlouhodobě dochází k překračování prahu tolerance zatížení společně s nerovnováhou mezi adaptačními podněty a dobou nutnou k optimální regeneraci organismu, může postupně dojít ke vzniku únavy chronické (Pyšný, 1997). Pro účely této práce se dále budeme zabývat pouze akutní fyzickou únavou. Ta je běžně vyvolána pohybovou aktivitou rychlostně-silového charakteru, která je typická pro fotbalový výkon.



Obrázek 7. Schéma dělení únavy (upraveno podle Pyšného, 1997)

Akutní fyzická únava: Jak již bylo zmíněno, na stabilizaci kolenního kloubu se kromě vazů podílejí také svaly. Vlivem akutní fyzické únavy projevující se na úrovni svalů kolenního kloubu (m. quadricepsfemoris, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus) dochází ke snížení působení dynamické komponenty stabilizačního systému kolenního kloubu. Následkem snížení stability kolenního kloubu je zvýšení rizika poranění LCA. Únava jako taková tedy nemá přímý vliv na riziko poranění LCA. Riziko se zvyšuje v důsledku únavy na úrovni svalového aparátu.

Únava svalového aparátu se projevuje především na kvalitě svalové kontrakce. Ta může být ovlivněna hned na několika úrovních, a to od generování impulsu v centrálním nervovém systému (CNS) až po samotné zalomení myozinové hlavičky a zkrácení sarkomery.

Čihák (2004) a Kenney, Wilmore a Costill (2012) popisují průběh svalové kontrakce v několika bodech:

- vznik akčního potenciálu v oblasti gyrus precentralis,
- šíření akčního potenciálu po drahách kortikospinálního systému do předních rohů míšních,
- šíření akčního potenciálu po α -motoneuronech,
- nervosvalový přenos akčního potenciálu (mediátor acetylcholin),
- vyplavení Ca^{2+} ze sarkoplazmatického retikula do T-tubulů a k troponin-tropomyosinovému komplexu,
- uvolnění vazebného místa na aktinu pro vazbu myosinové hlavy,

- zalomení myosinové hlavy (zde zapotřebí energie z adenosintrifosfátu – dále jen ATP) → posun myosinu vůči aktinu → zkrácení sarkomery,
- relaxace, uvolnění vazby aktinu a myosinu (zde zapotřebí energie z ATP), Ca^{2+} aktivně pumpován zpět do sarkoplazmatického retikula.

Máček a Radvanský (2011) udávají tři hlavní příčiny vzniku akutní fyzické únavy v pracujících svalech: 1. deficit energetických zásob nutných k provedení svalové kontrakce (ATP + kreatinfosfátu a glykogenu, které slouží k resyntéze ATP); 2. deficit látek, jejichž přítomnost je podmínkou spalování (tzn. kyslíku); 3. snížení kapacity svalu tyto látky využívat. Dovalil et al. (2012) kromě snížení energetických rezerv uvádí, že akutní fyzická únava je také následkem nadbytku některých produktů látkové výměny (např. laktátu nebo vodíkových iontů H^+ vznikajících disociací laktátu) a narušením vnitřního prostředí organismu (např. iontové rovnováhy). Všechny zmíněné faktory, které charakterizují únavu tzv. periferní, vznikající přímo v pracujícím svalu, doplňuje Kenney, Wilmore a Costill (2012) ještě o únavu neuromuskulární a únavu centrální. Zatímco neuromuskulární únava se projevuje v oblasti neuromuskulární junkce, tedy místa spojení nervové soustavy a pracujícího svalu, a vzniká v důsledku hyperaktivity nebo hypoaktivity enzymu cholinesterázy, centrální únava je záležitostí pouze neurálního systému. Ukazuje se, že centrální nerovnováha (CNS) může být místem vzniku únavy stejně tak jako pracující sval nebo neuromuskulární synapse. Jak uvádí Kenney, Wilmore a Costill (2012), CNS sportovce, který jeví známky vyčerpání, může být stimulován verbální podporou, pokřikováním, pouštěním hlasité hudby nebo přímou elektrickou stimulací svalu. Jako následek zmíněných stimulů můžeme pozorovat zvýšení síly vznikající na základě svalové kontrakce.

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Hlavní cíl:

Určit vliv akutní fyzické únavy na biomechaniku dopadu po výskoku a na riziko zranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U13 a U15.

Dílčí cíle:

1. Porovnat biomechaniku dopadu pomocí nástroje Landing Error Scoring System u fotbalistů věkové kategorie U13 před utkáním a bezprostředně po utkání.
2. Porovnat biomechaniku dopadu pomocí nástroje Landing Error Scoring System u fotbalistů věkové kategorie U15 před utkáním a bezprostředně po utkání.
3. Porovnat biomechaniku dopadu pomocí nástroje Landing Error Scoring System mezi fotbalisty věkových kategorií U13 a U15.

3.2 Výzkumné otázky:

1. Dojde vlivem akutní fyzické únavy po utkání ke změně biomechaniky dopadu a tím ke zvýšení rizika poranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U13?
2. Dojde vlivem akutní fyzické únavy po utkání ke změně biomechaniky dopadu a tím ke zvýšení rizika poranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U15?
3. Existuje rozdíl v biomechanice dopadu mezi fotbalisty věkové kategorie U13 a U15?

4 METODIKA

4.1 Výzkumný soubor:

Výzkumný soubor tvořilo celkem 22 hráčů ze sportovního klubu Sigma Olomouc, a.s. Hráči spadali do dvou skupin (věkových kategorií) – U13 a U15. Jednalo se o soubor hráčů sledovaných v rámci projektu GAČR – Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání. Všichni hráči byli předem seznámeni s průběhem měření, s cílem měření i s metodikou měření. Zákonní zástupci hráčů byli informováni písemnou formou. Svým podpisem potvrdili informovaný souhlas (Příloha 2) s výzkumem a s využitím dat pro vědecké účely. Dne 19. 3. 2015 byl výzkum schválen Etickou komisí FTK UP v Olomouci (Příloha 3).

Do měření se zapojili pouze zdraví hráči. Vyřazeni byli ti hráči, kteří v posledních 6 měsících před výzkumem prodělali poranění svalů stehna, kolenního kloubu nebo jiné poranění, které mohlo hráče limitovat při provádění motorických (skokových) testů. Týden před samotným měřením probíhalo zkušební měření, na kterém byly shromažďovány informace o předchozích zraněních hráčů, jejich vedlejších pohybových aktivitách nebo dominantní dolní končetině. Na úvodním zkušebním měření hráči podstoupili také antropometrické měření. Mezi měřené parametry patřily: tělesná výška, výška v sedu, hmotnost, délka tibie a výška kotníku. Charakteristika souboru U13 a U15 je obsažena v tabulce 8.

Tabulka 8. Charakteristika celého výzkumného souboru U13 a U15

	U13			U15		
	<i>n</i>	<i>M ± SD</i>	<i>Med</i>	<i>n</i>	<i>M ± SD</i>	<i>Med</i>
věk	14	12,80 ± 0,42	12,77	8	15,00 ± 0,40	14,92
hmotnost	14	46,57 ± 6,40	46,40	8	63,23 ± 6,96	62,65
výška	14	160,16 ± 8,21	161,40	8	176,99 ± 1,70	177,40
výška v sedu	14	91,31 ± 4,05	92,70	8	91,11 ± 1,03	91,20
délka tibie	14	45,55 ± 3,18	45,30	8	50,88 ± 1,08	51,45
výška kotníku	14	9,05 ± 1,14	9,40	8	16,69 ± 20,02	10,00

Vysvětlivky: *n* – rozsah souboru; *M* – aritmetický průměr; *Med* – medián; *SD* – směrodatná odchylka; U13 – věková kategorie U13; U15 – věková kategorie U15

4.2 Použité přístroje:

Pro měření antropometrických parametrů byl použit stadiometr A-226 (Ayrton, USA) a antropometr (Trystom, Česká republika). Motorický test single leg countermovement jump (dále jen single leg-CMJ) byl zaznamenáván na dvě videokamery. Videokamera SONY HXR-MC2000 (SONY, Japonsko) snímala dopad hráče v sagitální rovině, videokamera SONY HXR-NX5E (SONY, Japonsko) snímala dopad hráče ve frontální rovině (zepředu). Obě dvě kamery byly umístěny 5 m od místa dopadu a zaznamenávaly provedení pohybu s frekvencí 25 Hz.

4.3 Postup měření a sledované parametry:

Hráči byli měřeni dvakrát v den utkání. První měření probíhalo 1 hodinu před utkáním, druhé následovalo bezprostředně po utkání. Skupina U13 byla měřena dne 5. 11. 2016 a skupina U15 byla měřena dne 20. 11. 2016. Měření probíhalo dle předem dohodnutého harmonogramu v tělocvičnách, ve kterých obě skupiny běžně trénovaly. Na začátku obou měření byli hráči obou skupin nejprve opětovně seznámeni s průběhem měření. Následně vyplnily VAS škály, které sloužily jako nástroj pro číselné vyjádření míry aktuální fyzické únavy (Příloha 4). Poté následovalo společné rozklusání a rozcvičení. Před vlastním provedením testu single leg-CMJ hráči absolvovali specifická odrazová cvičení. Závěrečná odrazová cvičení sloužila také jako průprava pro samotné motorické skokové testy. Po kompletním rozcvičení hráči absolvovali všechny motorické skokové testy dle harmonogramu měření (kromě skokového testu single leg-CMJ podstoupili ještě další testy, které byly součástí měření v rámci projektu GAČR – jednalo se celkem o 3 další motorické skokové testy).

Skokový test single leg-CMJ byl složen z vertikálního skoku s protipohybem po odrazu z jedné dolní končetiny a dopadu na obě končetiny současně, přičemž hráč mohl provést odraz z jednoho až dvou kroků. Hráčům byla zadána instrukce, aby provedli co možná nejvyšší výskok. Délka skoku byla udána místy přibližného odrazu a dopadu, která byla znázorněna páskou. Hráči absolvovali celkem tři po sobě jdoucí pokusy, mezi kterými nebyl zařazen interval odpočinku.

Biomechanika dopadu byla vyhodnocována na základě analýzy 2D videozáznamů z kamer snímajících pohyb ve frontální a sagitální rovině. Z videozáznamů byly vybrány potřebné snímky pomocí softwaru Splash Lite (Mirillis, USA). Z druhého a třetího pokusu (před zápasem i po zápasu) byly vybrány dva snímky z videozáznamu kamery, která snímala dopad hráče v sagitální rovině (1. snímek z okamžiku prvního kontaktu testované dolní

končetiny (DK) se zemí a 2. snímek z okamžiku maximální flexe v kolenním kloubu testované DK) a 3 snímky z videokamery, která snímala dopad hráče ve frontální rovině (1. snímek z okamžiku prvního kontaktu testované DK se zemí; 2. snímek z okamžiku, kdy bylo celé chodidlo testované DK v kontaktu se zemí a 3. snímek z okamžiku maximálního valgózního postavení kolenního kloubu testované DK). Příklady jednotlivých snímků jsou součástí příloh (příloha 5). Jednotlivé snímky se hodnotily podle nástroje – 17parametrového Landing Error Scoring System (dále jen LESS), který je ověřen jako reliabilní nástroj pro vyhodnocování biomechaniky dopadu (Padua et al., 2009). LESS obsahuje celkem 17 položek. Každá položka zkoumá jiný parametr při dopadu. U položek týkajících se dolních končetin, byla hodnocena vždy jen ta dolní končetina, která byla snímána kamerou v sagitální rovině. Každý jednotlivý parametr se hodnotil hodnotou 0 (pokud byl sledovaný parametr vyhodnocen jako správné provedení) nebo 1 (pokud byl sledovaný parametr vyhodnocen jako nesprávné provedení). Výjimku tvořily parametry číslo 16 a 17, které se hodnotily hodnotou 0, 1 nebo 2. Jednalo se tedy o tzv. trestné body. Čím vyššího LESS skóre hráč po sečtení hodnot ze všech parametrů dosáhnul, tím vyšší bylo riziko poranění LCA při dopadu. Maximální počet trestných bodů mohl být 19. K vyhodnocování snímků byl použit software ImageJ (Wayne Rasband, National Institute of Health, Maryland). Sledovaným parametrem byla průměrná hodnota LESS skóre (trestných bodů) z obou pokusů před zápasem a její porovnání s průměrnou hodnotou LESS skóre z obou pokusů po zápasu.

Na základě empirického výzkumu bylo 17 parametrů nástroje LESS pro větší názornost dále rozděleno do 4 kategorií. Kritériem pro rozdělení do kategorií byla tělesná oblast, které se daný parametr týkal. Jednalo se o tělesné oblasti – klouby (kotník, koleno, kyčel, trup). Pro všechny zmíněné tělesné oblasti bylo provedeno statistické porovnání získaných průměrných hodnot LESS skóre.

Dalším sledovaným parametrem byla míra akutní fyzické únavy. Ta byla vyjádřena hodnotou VAS škály, kterou hráči vyplnili před zápasem a po zápasu.

4.4 Statistické zpracování dat:

Data byla zpracována pomocí softwaru Statistika (verze 12, StatSoft, Inc., Tulsa, USA). U všech sledovaných parametrů byla provedena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, medián).

K zjištění statisticky významných rozdílů mezi sledovanými parametry byl použit Wilcoxonův párový test a Mann-Whitneyův U test. Stanovení významnosti rozdílů bylo posuzováno na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY

Základní statistické charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, medián) všech sledovaných parametrů u skupin U13 a U15 jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9. Základní popisné statistiky sledovaných parametrů u skupin U13 a U15

	U13		U15	
	<i>M ± SD</i>	<i>Med</i>	<i>M ± SD</i>	<i>Med</i>
2PRE	6,43 ± 2,65	7,00	4,50 ± 2,20	4,50
3PRE	6,21 ± 2,91	7,50	3,50 ± 2,45	3,50
MPRE	6,32 ± 2,71	7,50	4,00 ± 2,25	3,50
2POST	7,71 ± 2,61	7,00	4,88 ± 1,96	4,50
3POST	7,21 ± 2,69	7,00	5,25 ± 1,83	5,50
MPOST	7,46 ± 2,55	7,25	5,06 ± 1,78	5,25
VAS1	1,30 ± 1,61	0,55	0,98 ± 0,73	0,90
VAS2	2,85 ± 2,48	3,45	6,45 ± 1,32	6,80

Vysvětlivky: *M* – aritmetický průměr; *SD* – směrodatná odchylka; *Med* – medián; 2PRE – 2. pokus před zápasem; 3PRE – 3. pokus před zápasem; MPRE – průměr z obou pokusů před zápasem; 2POST – 2. pokus po zápasu; 3POST – 3. pokus po zápasu; MPOST – průměr z obou pokusů po zápasu; U13 – skupina U13; U15 – skupina U15

Všechny hodnoty v tabulce (kromě hodnot VAS1 a VAS2) jsou uvedeny v bodech, které byly získány vyhodnocením videozáznamů pomocí nástroje LESS.

Hodnoty VAS1 a VAS2 jsou uvedeny v bodech, které byly získány při zpracování VAS škál.

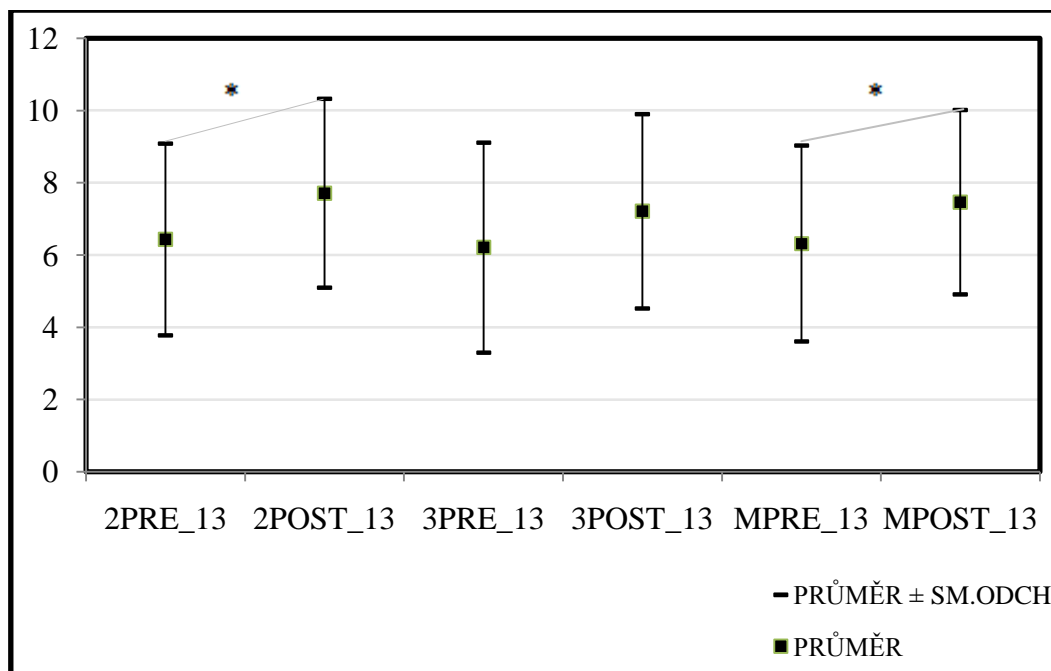
5.1 Výsledky k výzkumné otázce číslo 1

1. Dojde vlivem akutní fyzické únavy po utkání ke změně biomechaniky dopadu a tím ke zvýšení rizika poranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U13?

U věkové kategorie U13 byla průměrná hodnota LESS skóre z obou pokusů po zápasu významně vyšší v porovnání s průměrnou hodnotou LESS skóre z obou pokusů před zápasem ($p = 0,030$). Významně vyšší byla také průměrná hodnota LESS skóre druhých pokusů po zápasu v porovnání s průměrnou hodnotou LESS skóre druhých pokusů před zápasem ($p = 0,019$). Grafické porovnání sledovaných parametrů je znázorněno na obrázku 8.

Průměrná hodnota VAS škály byla po zápasu významně vyšší v porovnání s průměrnou hodnotou VAS škály před zápasem ($p = 0,028$).

Mezi průměrnými předzápasovými a pozápasovými hodnotami LESS skóre pro jednotlivé tělesné oblasti nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.



Obrázek 8. Porovnání průměrných hodnot LESS skóre z pokusů před zápasem a po zápasu u věkové kategorie U13.

Vysvětlivky: 2PRE_13 – 2. pokus před zápasem u sk. U13; 3PRE_13 – 3. pokus před zápasem u sk. U13; MPRE_13 – průměr z obou pokusů před zápasem u sk. U13; 2POST_13 – 2. pokus po zápasu u sk. U13; 3POST:13 – 3. pokus po zápasu u sk. U13; MPOST_13 – průměr z obou pokusů po zápasu u sk. U13; * – $p = 0,05$

5.2 Výsledky k výzkumné otázce číslo 2

2. Dojde vlivem akutní fyzické únavy po utkání ke změně biomechaniky dopadu a tím ke zvýšení rizika poranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U15?

U věkové kategorie U15 nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami LESS skóre z obou pokusů před zápasem a po zápasu ani mezi průměrnými hodnotami LESS skóre z druhých a třetích pokusů před zápasem a po zápasu zvlášť.

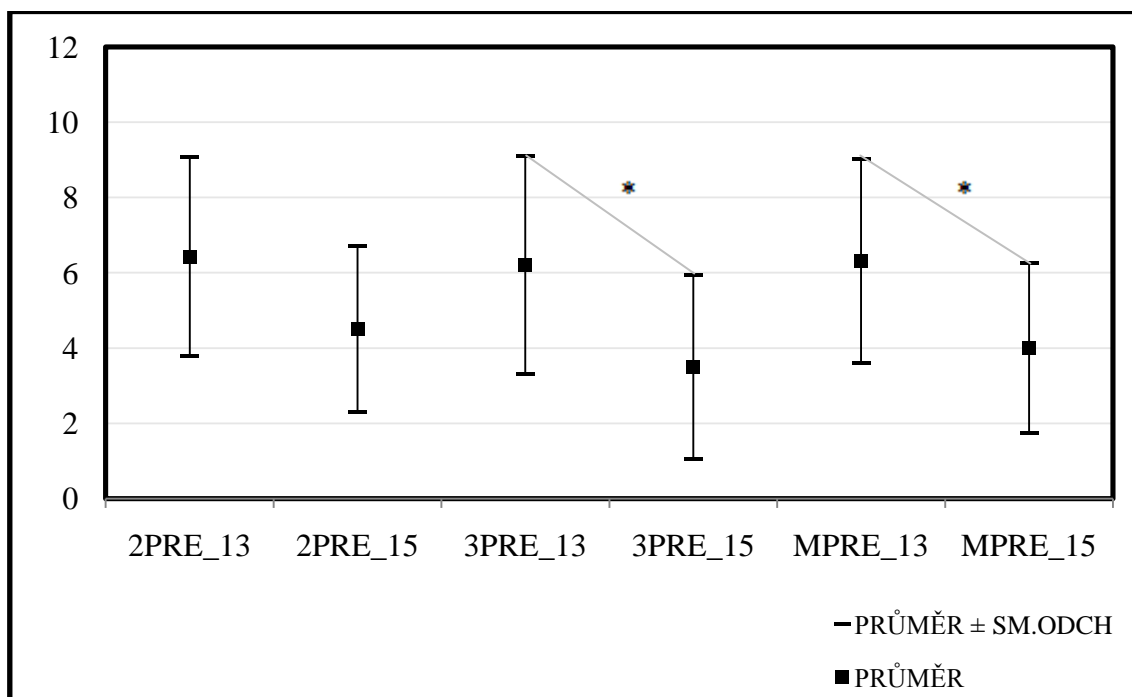
Průměrná hodnota VAS škály po zápasu byla významně vyšší v porovnání s průměrnou hodnotou VAS škály před zápasem ($p = 0,012$).

Mezi průměrnými předzápasovými a pozápasovými hodnotami LESS skóre pro jednotlivé tělesné oblasti nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

5.3 Výsledky k výzkumné otázce číslo 3

3. Existuje rozdíl v biomechanice dopadu mezi fotbalisty věkové kategorie U13 a U15?

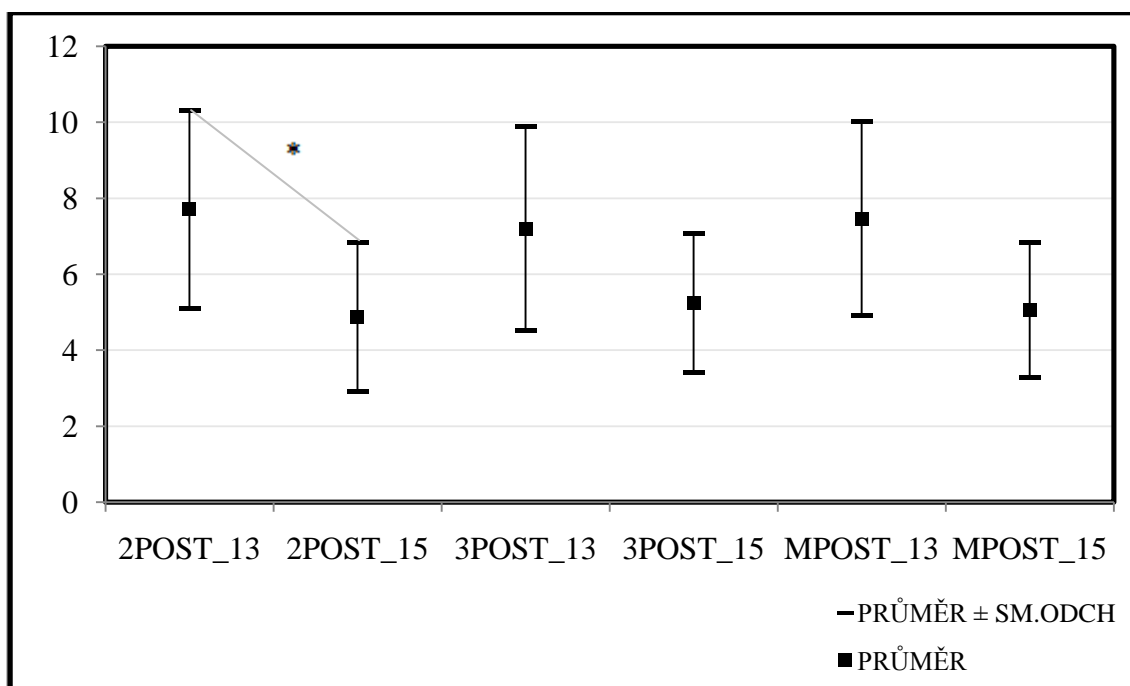
U věkové kategorie U13 byla průměrná hodnota LESS skóre z obou pokusů před zápasem významně vyšší v porovnání s odpovídající průměrnou hodnotou LESS skóre u věkové kategorie U15 ($p = 0,048$). Statisticky významné rozdíly mezi věkovými kategoriemi U13 a U15 byly zjištěny také u průměrných hodnot LESS skóre třetích pokusů před zápasem ($p = 0,022$) a průměrných hodnot LESS skóre druhých pokusů po zápasu ($p = 0,027$). Grafické porovnání těchto parametrů mezi věkovými kategoriemi U13 a U15 před zápasem a po zápasu je znázorněno na obrázcích 9 a 10.



Obrázek 9. Porovnání průměrných hodnot LESS skóre před zápasem mezi věkovými kategoriemi U13 a U15

Vysvětlivky: 2PRE_13 – 2. pokus před zápasem u sk. U13; 2PRE_15 – 2. pokus před zápasem u sk. U15; 3PRE_13 – 3. pokus před zápasem u sk. U13; 3PRE_15 – 3. pokus před zápasem u

sk. U15; MPRE_13 – průměr z obou pokusů před zápasem u sk. U13; MPRE_15 – z obou pokusů před zápasem u sk. U15; * – $p = 0,05$



Obrázek 10. Porovnání průměrných hodnot LESS skóre po zápasu mezi věkovými kategoriemi U13 a U15

Vysvětlivky: 2POST_13 – 2. pokus po zápasu u sk. U13; 2POST_15 – 2. pokus po zápasu u sk. U15; 3POST_13 – 3. pokus po zápasu u sk. U13; 3POST_15 – 3. pokus po zápasu u sk. U15; MPOST_13 – průměr z obou pokusů po zápasu u sk. U13; MPOST_15 – průměr z obou pokusů po zápasu u sk. U15; * – $p = 0,05$

6 DISKUZE

Porovnání průměrných hodnot LESS skóre před zápasem a po zápasu

Poranění LCA patří mezi jedno z nejčastějších zranění kolenního kloubu. Při fotbalových utkáních dochází k poranění LCA nejčastěji ke konci poločasů, kdy je výskyt akutní fyzické únavy nejvíce očekávaný (Hawkings & Fuller, 1999). Vliv akutní fyzické únavy na riziko poranění LCA potvrzují výsledky mnoha studií (např. Ekstrand, Hägglund, & Waldén, 2009; Laible & Sherman, 2014; Wesely, Aronson, & Docehrty, 2015).

Výsledky této studie potvrdily vliv akutní fyzické únavy na riziko poranění LCA. U obou skupin zapojených do výzkumu došlo po zápasu ke zhoršení biomechaniky dopadu z pohledu nástroje LESS. LESS je reliabilní nástroj, který sleduje celkem 17 biomechanických parametrů při dopadu. Zhoršení se projevilo tím, že obě věkové kategorie dosáhly vyšších průměrných hodnot LESS skóre po zápasu v porovnání s průměrnými hodnotami LESS skóre před zápasem. U věkové kategorie U13 došlo ke statisticky významnému nárůstu průměrné hodnoty LESS skóre po zápasu ($p = 0,030$). U věkové kategorie U15 nebyl rozdíl průměrných hodnot LESS skóre před zápasem a po zápasu statisticky významný.

Zajímavé výsledky přineslo porovnání průměrných předzápasových a pozápasových hodnot LESS skóre při rozdělení 17 parametrů LESS podle jednotlivých tělesných oblastí (kotník, koleno, kyčel, trup). Věková kategorie U13 nevykazovala statisticky významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami LESS skóre u žádné z těchto oblastí. U věkové kategorie U15 se statisticky významnému rozdílu přibližovaly rozdíly průměrných hodnot LESS skóre před zápasem a po zápasu z oblasti kolene ($p = 0,09$), která se podle současných studií (Aronson & Docehrty, 2015; Padua et al., 2011) jeví jako kritická pro výskyt poranění LCA. Současné studie totiž uvádějí, že největší vliv na riziko poranění LCA má právě postavení kolenního kloubu při dopadu. Konkrétně se jedná o valgózní postavení kolenního kloubu v kombinaci s vnější tibiální rotací (Martinková, 2013; Whiting & Zernicke, 2008). Nástroj LESS však nebere v úvahu skutečnost, že některé parametry (např. míra valgozity v kolenním kloubu při dopadu) mohou mít na riziko poranění LCA větší vliv než jiné. Všechny parametry nástroje LESS jsou (až na dvě výjimky) hodnoceny stejně, a to hodnotou 0 nebo 1. K eliminaci tohoto problému by mohly další studie částečně vycházet z výsledků studie Padua et al. (2011), kde autor navrhuje několik změn oproti původnímu LESS. Upravený nástroj se nazývá LESS-RT (Landing Error Scoring System – Real Time) a hodnotí celkem deset parametrů. Z toho je celkem pět parametrů, které mohou být hodnoceny dvojnásobným

počtem „trestných“ bodů, tedy 0, 1 nebo 2 (viz příloha 6). Tato alternativa vznikla z důvodu limitace originálního LESS. Ta spočívá nejen v tom, že jsou všechny parametry hodnoceny stejně, ale také v tom, že LESS nemůže být využit v reálném čase motorického testu single leg-CMJ, ale test musí být zaznamenáván na videokamery. LESS je následně použit při vyhodnocování videozáznamů. Padua et al. (2011) přišel s návrhem LESS-RT, který se dá využít i v reálném čase provedení motorického testu single leg-CMJ bez využití videokamer. Prozatím se však tento nástroj běžně nepoužívá.

Porovnání věkových kategorií U13 a U15

U věkové kategorie U13 byly průměrné hodnoty LESS skóre ze všech pokusů vyšší v porovnání s odpovídajícími průměrnými hodnotami u věkové kategorie U15. Z těchto výsledků vyplývá, že věková kategorie U13 je vystavena vyššímu riziku poranění LCA v porovnání s věkovou kategorií U15 z pohledu nástroje LESS.

Příčinou těchto výsledků může být fakt, že u chlapců dojde ve věku mezi 13. a 15. rokem k největšímu nárůstu svalové hmoty za celé období dospívání, tím pádem dochází ke zvýšení absolutní svalové síly (Jansa & Dovalil, 2007). Svaly kolenního kloubu, které jsou součástí dynamické komponenty stabilizačního systému kolene, jsou pak u starší kategorie mnohem lépe schopny zamezit tomu, aby se koleno dostalo do kritického valgózního postavení při dopadu. Dalším vysvětlením může být také to, že nástroj LESS je méně vhodný při aplikaci na výzkumné skupiny, které mají vyšší průměrný věk, jak vyplývá z výsledků studie, kterou provedli Smith, Johnson, Shultz et al. (2012). Do jejich výzkumu byli zařazeni sportovci s průměrným věkem $16,9 \pm 1,1$ let. Výsledek studie poukázal na fakt, že u dané věkové kategorie neexistuje vztah mezi rizikem poranění LCA a skórem z nástroje LESS.

Zajímavé výsledky přineslo porovnání VAS škál mezi věkovými kategoriemi U13 a U15. Zatímco mezi průměrnou hodnotou VAS1 (VAS škála vyplněná před zápasem) u věkové kategorie U13 a průměrnou hodnotou VAS1 u věkové kategorie U15 nebyl statisticky významný rozdíl, průměrná hodnota VAS2 (VAS škála vyplněná po zápasu) u kategorie U15 byla významně vyšší než odpovídající průměrná hodnota u kategorie U13 ($p = 0,006$). To znamená, že hráči věkové kategorie U15 podstoupili mnohem větší fyzické zatížení než hráči věkové kategorie U13. Existuje však i další vysvětlení, které je popsáno v další části diskuze věnující se vztahu mezi akutní fyzickou únavou a rizikem poranění LCA.

Vztah mezi akutní fyzickou únavou a rizikem poranění LCA

Obecně lze předpokládat, že zhoršení biomechaniky dopadu z pohledu LESS (a s tím související zvýšení rizika poranění LCA) je způsobeno výskytem akutní fyzické únavy vzniklé v průběhu zápasu.

Součástí studie bylo také zjištění vztahu mezi mírou akutní fyzické únavy vyjádřené hodnotami VAS škály a rizikem poranění LCA, které bylo vyjádřeno průměrnou hodnotou LESS skóre. Při použití Spearmanova korelačního koeficientu nebyly zjištěny statisticky významné vztahy mezi mírou akutní fyzické únavy a rizikem poranění LCA. Navíc, při podrobnějším přezkoumání statistických hodnot bylo zjištěno, že vztah mezi mírou akutní fyzické únavy a rizikem poranění LCA byl negativní. To znamená, že s větší mírou akutní fyzické únavy klesalo riziko poranění LCA. Tyto výsledky jsou v protikladu s většinou výsledků dosavadních studií, zabývajících se stejným tématem.

Příčinou těchto výsledků by mohl být malý výzkumný soubor, ale také skutečnost, že všichni hráči se s podobným nástrojem hodnocení akutní fyzické únavy setkali poprvé v životě. Je proto otázkou, zda jsou hráči ve věku mezi 11ti až 15ti lety schopni objektivně posoudit míru akutní fyzické únavy zakreslením křížku na osu VAS škály. VAS škála byla navíc vyplňována až s mírným časovým odstupem po zápasu (po přesunu do tělocvičny na měření), což mohlo také ovlivnit konečné hodnoty zakreslené na osu VAS škály.

Z výsledků diplomové práce vyplývá, že VAS škála není vhodným nástrojem pro hodnocení akutní fyzické únavy u sportovců věkové kategorie U13 a U15. Pro další výzkum je tedy nutné zvážit zařazení vhodnějšího (objektivnějšího) nástroje pro posouzení míry akutní fyzické únavy.

Limity měření

V průběhu shromažďování dat (měření před zápasem a po zápasu) a při jejich následném zpracování se objevila řada aspektů, které mohly mít vliv na konečné výsledky.

Jedním z těchto aspektů byla nestálost provedení motorického testu single leg-CMJ (single leg countermovement jump) hráči obou věkových kategorií. Jak bylo uvedeno dříve, nástroj LESS vyhodnocující biomechaniku dopadu při zmíněném motorickém testu, obsahuje 17 parametrů hodnocených buď 0 (při správném provedení sledovaného parametru) nebo 1 (při nesprávném provedení sledovaného parametru). U několika hráčů se hodnoty LESS skóre z jednotlivých pokusů motorického testu single leg-CMJ v rámci jednoho měření výrazně lišily (až o 6 bodů). To poukazuje na fakt, že hráči nebyli schopni provést tři stejné nebo velmi podobné pokusy v rámci jednoho měření (předzápasového nebo pozápasového). Z toho

důvodu jsme se rozhodli vycházet pouze ze dvou pokusů místo tří. Vybrány byly ty pokusy, jejichž výsledné LESS skóre se lišilo maximálně o 2 body.

Dalším aspektem, který mohl mít vliv na konečné výsledky, byla náročnost motorického testu single leg-CMJ. V průběhu měření se ukázalo, že někteří hráči nebyli po motorické stránce natolik vyspělí, aby provedli motorický test vždy tak, jak bylo požadováno. Mezi chybná provedení, která se při měření objevila, patřilo: provedení odrazu snožmo, nemaximální odraz, příliš daleký skok (s tím související menší výška skoku), dopad mimo záběr videokamer apod. Hráči, u kterých bylo zaznamenáno chybné provedení, proto museli absolvovat více pokusů, než byl standardní počet. Všichni hráči měli provést co možná nejvyšší výskok z jednoho až dvou kroků. Délka skoku byla udána místy přibližného odrazu a dopadu, označených páskou. Někteří hráči nedokázali odhadnout svoji vzdálenost od odrazové čáry a odráželi se příliš daleko před čarou nebo naopak až za ní.

Konečné výsledky mohly být do jisté míry ovlivněny dalším, zcela zásadním aspektem. Při vyhodnocování snímků vybraných z videozáznamů kamery snímající dopad hráče ve frontální rovině se ukázalo, že ne všichni hráči provedli všechny pokusy motorického testu single leg-CMJ v kolmém postavení vůči ose dané kamery. Jinými slovy, v ojedinělých případech hráči dopadli nepatrně bokem vůči frontální kameře. Kolmé postavení hráčů vůči ose frontální kamery bylo důležité pro určení míry valgozity v kolenním kloubu při dopadu, která je obecně považována za jeden z kritických aspektů při poranění LCA. Můžeme předpokládat, že u všech hráčů došlo při dopadu k flexi v kolenním kloubu. U hráčů, kteří neprovedli dopad v kolmém postavení vůči ose frontální kamery, měla velikost flexe v kolenním kloubu vliv na posouzení míry valgozity v kolenním kloubu. Výsledkem bylo to, že v těchto ojedinělých případech hráč měl podle definice LESS získat za sledovaný parametr hodnotu 1, i když k valgóznímu postavení reálně nemuselo dojít. Proto bylo nutné v některých případech přihlídnout k natočení hráče vůči frontální kameře a nehodnotit valgozitu v kolenním kloubu jen za pomoci spuštěné vertikály tak, jak je to popsáno v definici nástroje LESS (příloha 1).

7 ZÁVĚRY

Výsledky této studie potvrzují vliv akutní fyzické únavy na riziko poranění LCA u fotbalistů věkových kategorií U13 a U15. Vlivem akutní fyzické únavy došlo u obou věkových kategorií po zápasu ke zhoršení biomechaniky dopadu, která byla vyjádřena průměrnou hodnotou LESS skóre. Průměrná hodnota LESS skóre po zápasu byla u věkové kategorie U13 významně vyšší v porovnání s odpovídající průměrnou hodnotou před zápasem.

Hráči věkové kategorie U13 dosáhli před zápasem i po zápasu vyšších průměrných hodnot LESS skóre v porovnání s věkovou kategorií U15. Hráči věkové kategorie U13 tedy zaznamenali horší provedení dopadu z pohledu biomechaniky. Tato skupina je proto vystavena vyššímu riziku poranění LCA v porovnání s věkovou kategorií U15, a to pravděpodobně z důvodu menší absolutní síly svalů kolenního kloubu a nižší schopnosti dynamické stabilizace kolenního kloubu.

Z výsledků diplomové práce vyplývá, že VAS škála není vhodným nástrojem pro objektivizaci akutní fyzické únavy u fotbalistů věkových kategorií U13 a U15. Pro další výzkum navrhuje zařadit vhodnější nástroj pro posouzení míry akutní fyzické únavy – např. využít elektromyografii nebo krevní odběr na kreatinkinázu.

8 SOUHRN

Cílem práce bylo určit vliv akutní fyzické únavy na biomechaniku dopadu po výskoku a na riziko zranění LCA u fotbalistů věkové kategorie U13 a U15.

V teoretické části je charakterizována věková kategorie výzkumného souboru se zaměřením jak na psychickou tak fyzickou stránku jedinců. Dále jsou shromážděny základní informace o fotbalu a aktuální poznatky o zranění LCA ve fotbalu. Stěžejní kapitoly teoretické části pojednávají o anatomii kolenního kloubu se zaměřením na LCA, o nejrizikovějších faktorech poranění LCA, o nejčastějších mechanismech poranění LCA, o únavě, a v neposlední řadě také o nástroji, který se používá pro vyhodnocování biomechaniky dopadu – Landing Error Scoring System (LESS).

Výzkumná část diplomové práce obsahuje metodiku. Výzkumný soubor tvořilo 22 hráčů SK Sigma Olomouc spadajících do dvou věkových kategorií – U13 ($n = 14$, věk = $12,80 \pm 0,42$ roku) a U15 ($n = 8$, věk = $15,00 \pm 0,40$ roku). Testování probíhalo dvakrát v den utkání – 1 hodinu před utkáním a bezprostředně po utkání. Pro simulaci dopadu byl použit motorický test single leg-countermovement jump (CMJ), který byl zaznamenáván na 2 videokamery – ve frontální a v sagitální rovině. Z videozáznamů byly vystříhány potřebné snímky, které se hodnotily podle nástroje LESS při získání výsledného LESS skóre.

Výsledky Wilcoxonova párového testu potvrdily vliv akutní fyzické únavy na biomechaniku dopadu a riziko poranění LCA. U obou věkových kategorií došlo po zápasu ke zhoršení biomechaniky dopadu (obě kategorie zaznamenaly vyšší LESS skóre), a tím ke zvýšení rizika poranění LCA. U věkové kategorie U13 byly rozdíly průměrných hodnot LESS skóre po zápasu významně vyšší než před zápasem. Věková kategorie U13 zaznamenala významně horší biomechaniku dopadu v porovnání s věkovou kategorií U15 a to jak před zápasem, tak po zápasu. Hráči věkové kategorie U13 byli proto vystaveni vyššímu riziku poranění LCA.

8 SUMMARY

The aim of this diploma thesis was to determine the effect of fatigue on the landing biomechanics and the risk of LCA injury in U13 and U15 soccer players.

In the theoretical part of the thesis the age bracket of the sample is characterized focusing on the psychological aspects as well as the physical aspects of that age. Furthermore fundamental information about soccer and current findings concerning LCA injury are presented. The crucial chapters of the theoretical part focus on the anatomy of the knee joint and LCA, the pivotal factors influencing the risk of LCA injury, the most common mechanisms of LCA injury, the fatigue and the tool that was used for evaluating the landing biomechanics – the Landing Error Scoring System (LESS).

The research part of the thesis concerns methodology. 22 soccer players from Sigma Olomouc a.s., composed the sample. The players fell into two categories – U13 (n = 14, age = $12,80 \pm 0,42$ years) and U15 (n = 8, age = $15,00 \pm 0,40$ years). The measurement was performed twice on the match day – 1 hour before the match and immediately after the match. A motoric test single leg-countermovement jump (landing on both feet) was used as a jump-landing task that was videotaped from the frontal and the sagittal plane. Subsequently requisite pictures were cut out from the videorecordings and evaluated using the LESS – creating the final LESS score.

The results of Wilcoxon signed-rank test proved the effect of fatigue on the landing biomechanics and the risk of LCA injury. Both categories performed poorer landing biomechanics (both categories achieved higher LESS score) after the match due to fatigue and they were thus at a higher risk of LCA injury. The differences between the mean LESS score values before the match and after the match were statistically significant in U13 category. U13 category performed significantly poorer landing biomechanics in comparison with U15 category. The players of U13 category were thus at the higher risk of LCA injury.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *17*, 705-729.
- Atan, S., A., Foskett, A., & Ali, A. (2016). Motion Analysis of Match Play in New Zealand U13 to U15 Age-Group Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(9), 2416–2423.
- Bartůňková, S. (2014). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení. Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. Praha: Karolinum.
- Bernaciková, M., Kapounková, K., Novotný, J. et al. (2011). *Fyziologie sportovních disciplín*. Brno: Masarykova Univerzita, Elportál.
- Berns, G. S., Hull, M. L., & Paterson, H. A. (1992). Strain in the anterior medial bundle of the anterior cruciate ligament under combined loading. *Journal of Orthopaedic Research* *10*(1992), 167-176.
- Brophy, R. H. et al. (2012). Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. *American Journal of Sports Medicine*, *40*(11), 2517-2522.
- Čihák, R. (2004). *Anatomie 3. Druhé, upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Čihák, R. (2011). *Anatomie 1. Třetí, upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Dovalil, J. et al. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dylevský, I. (2011). *Základy funkční anatomie*. Olomouc: Poznání.
- Ekstrand, J. et al. (2006). Risk of injury in elite football played on artificial turf versus natural grass: a prospective two-cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(12), 975-980.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2009). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, *45*, 553-558.
- Fajfer, Z. (2005). *Trenér fotbalu mládeže (6-15 let)*. Praha: Olympia.
- FIFA. (2009). Health checks in football. Retrieved 12. 4. 2018 from the World Wide Web: https://resources.fifa.com/mm/document/affederation/administration/01/53/04/51/fifa_ar08-09_e.pdf

- Fuller, C. W. et al. (2007a). Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. Part 1: match injuries. *British Journal of Sports Medicine* 41(2007), 20-26.
- Fuller, C. W. et al. (2007b). Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2007), 27-32.
- Gabriel, M. T., Wong, E. K., Woo, S. L., et al. (2004). Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res*, 22(2004), 85-89.
- Grim, M., Naňka, O., & Helekal, I. (2014). *Atlas anatomie člověka 1. Končetiny, stěna trupu*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Gullett, J. C., Tillman, M. D., Gutierrez, G. M., & Chow, J. W. (2009). A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 284-92.
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med.*, 33(3), 196–203.
- Hohman, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Sport a věda, o. s.
- Hooghe, M., et al. (2017). Medical Committee of FIFA Medical Assessment and Research Centre. Retrieved 17. 10. 2017 from the World Wide Web: <http://www.fifa.com/development/medical/about-us/who-we-are.html>.
- Horsley, I., & Herrington, L. (2016). Preventing and managing anterior cruciate ligament (ACL) injury. *Co-Jinetic journal* 68, 12-17.
- Jansa, P., & Dovalil, J. (2007). *Sportovní příprava*. Příbram: Q-art.
- Jansa, P., Dovalil, J., Bunc, V., Čáslavová, E., Heller, J., Kocourek, J., et al. (2009). *Sportovní příprava: vybrané kinantropologické obory k podpoře aktivního životního stylu*. Praha: Q-art.
- Kenney, L. W., Wilmore H. J. & Costill, L. D. (2012). *Physiology of Sport and Exercise. Fifth Edition*. United States: Human Kinetics.
- Kučera, M., Kolář, P., Dylevský, I., et al. (2011). *Dítě, sport a zdraví*. Praha: Galén
- Kureš, J., et al. (2016). *Pravidla fotbalu platná od 1. 7. 2016*. Praha: Olympia.
- Laible, C., & Sherman, H. O. (2014). Risk Factors and Prevention Strategies of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases*, 72(1), 70-75.

- Langmeier, J., & Krejčířová, D. (1998). *Vývojová psychologie*. Praha: Grada Publishing, spol. s. r. o.
- Langmeier, J., & Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie. 2., aktualizované vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Máček, M., Radvanský, J., et al. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Marieb, N. E., & Mallat, J. (2005). *Anatomie lidského těla*. Brno: CP Books, a.s.
- Markolf K. L., Burchfield, D. M., Shapiro, M. M., et al. (1995). Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *Journal of Orthopaedic Research*, 13(1995), 930-935.
- Martinková, J. (2013). *Sportovní úrazy a přetížení pohybového aparátu sportem*. Praha: Mladá Fronta, a. s.
- Naňka, O., & Elišková, M. (2015). *Přehled anatomie. Třetí, doplněné a přepracované vydání*. Praha: Galén.
- Netter, H. F. (2016). *Netterův anatomický atlas člověka*. Brno: Cpress.
- Noyes, F. R., Mooar, P. A., Matthews, D. S., & Butler, D. L. (1983). The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am.*, 65(2), 154-162.
- Nunome, H., Drust, B., & Dawson, B. (2013). *Science and Football VII*. London: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Orchard, J., Seward, H., McGivern, J. & Hood, S. (1999). Rainfall evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in Australian Football League. *Med J Aust* 170(5), 304-306.
- Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., & 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.
- Padua, D. A., Boling, C. M., DiStefano J. L., Onate, A. J., Beutler I. A., & Marshal W. S. (2011). Reliability of the Landing Error Scoring System-Real Time, a Clinical Assessment Tool of Jump-Landing Biomechanics. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2011(20), 145-156.
- Padua, D. A., DiStefano, D. L., Beutler, I. A., de la Motte, J. S., DiStefano, J. M. & Marshall, W. S. (2015). The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury–Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. *Journal of Athletic Training* 50(6), 589–595.

- Palmer, I. (1938). On the injuries to the ligaments of the knee joint. *Acta Chir Scand*, 91,1-282.
- Parkkari, J., Pasanen, K., Mattila, V. M., Kannus, P., & Rimpelä, A. (2008). The risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: a population-based cohort study of 46 500 people with 9 year follow-up. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 422-426.
- Perič, T. (2004). *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Perič, T. (2012). *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Plachý, A. et al. (2016). *Pravidla fotbalu malých forem*. Praha: Mladá fronta.
- Pyšný, L. (1997). *Regenerace*. Univerzita J. E. Purkyně.
- Rössler, R., Junge, A., Chomiak, J., Dvorak, J., & Faude, O. (2015). Soccer Injuries in Players Aged 7 to 12 Years: A Descriptive Epidemiological Study Over 2 Seasons. *The American journal of sports medicine*, 44(2), 309-317.
- Rozzi, S. L., Lephart, S. M., & Fu, F. H. (1999). Effects of muscular fatigue on knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female athletes. *Journal of Athletic Training*, 34, 106-114.
- Shambaugh, J. P., Klein, A. & Herbert, J. H. (1991). Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Med Sei Sports Exere*, 23(5), 522-527.
- Shea, K. G., Pfeiffer, R., Wang, J. H., Curtin, M., & Apel, P. J. (2004). Anterior cruciate ligament injury in pediatric and adolescent soccer players: An analysis of insurance data. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 24(6), 623-628.
- Smith, H. C., Johnson, R. J., Shultz, S. J., et al. (2012). A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. *Am J Sports Med*, 40(3), 521–526.
- Soutěžní řád mládeže a žen FAČR, 2017.
- Steffen, K. et al. (2007). Risk of injury on artificial turf and natural grass in young female football players. *British Journal of Sports Medicine* 41(SUPPL. 1), 33-37.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
- Strøyer, J., Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *The American College of Sports Medicine*, 36(1), 168-174.
- Thorová, K. (2015). *Vývojová psychologie. Proměny lidské psychiky od početí po smrt*. Praha: Portál.

- Van der Sluis, A., Elferink-Gemser, M., Coelho-e-Silva, M. J. et al. (2014). Sport injuries aligned to peak height velocity in talented pubertal soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 351-355.
- Vargová, L., & Joukal, M. (2015). *Anatomie dětského věku*. Brno: Masarykova univerzita.
- Votík, J. (2003). *Fotbal: trénink budoucích hvězd*. Praha: Grada Publishing.
- Votík, J., & Zalabák, J. (2011). *Fotbalový trenér: základní průvodce tréninkem*. Praha: Grada.
- Waldén, M., Hägglund, M., Magnusson, H., & Ekstrand, J. (2016). ACL injuries in mens professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *British Journal of Sports Medicine*, 2016(0), 1-7.
- Waldén, M., Hägglund, M., Werner, J., & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 13, 3-10.
- Watkins, J. (2010). *Structure and function of the musculoskeletal system. Second edition*. United Kingdom, Stanningley: Human Kinetics.
- Wesley, A. C., Aronson, A. P., & Docherty, L. C. (2015). Lower Extremity Landing Biomechanics in Both Sexes After a Functional Exercise Protocol. *Journal of Athletic Training*, 50(9), 914–920.
- Whiting, C. W., Zernicke, F. R. (2008). *Biomechanics of musculoskeletal Indry. Second edition*. United States: Human Kinetics.
- Wojtys, E. M., Huston, L. J, Boynton, M. D. et al. (2002). The effect of the menstrual eyele on anterior eruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 182-8.

10 PŘÍLOHY

Příloha 1. Tabulka s parametry nástroje LESS – nástroj pro posouzení míry rizika poranění LCA při dopadu (upraveno podle Pauda et al., 2015)

LESS položka	Pohled kamery	Chybné provedení	LESS skóre
1. Úhel v kolenním kloubu v iniciální fázi dopadu	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud je v momentě prvního kontaktu se zemí úhel v koleni testované dolní končetiny (DK) větší než 30°, hodnocení je ANO. Pokud menší než 30°, hodnocení je NE.</i>			
2. Úhel v kyčelním kloubu v iniciální fázi dopadu	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud je v okamžiku prvního kontaktu se zemí stehno testované DK v prodloužení trupu (úhel stehno-trup 180°), skóre je NE. Pokud je úhel stehno-trup menší než 180°, skóre je ANO.</i>			
3. Flexe trupu v iniciální fázi dopadu	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud je v okamžiku prvního kontaktu se zemí trup kolmo k zemi (vertikálně) nebo v záklonu, skóre je NE. Pokud je trup ve flexi – předklonu, skóre je ANO. Pozice DK nás v tomto bodě nezajímá.</i>			
4. Plantární flexe v hlezenním kloubu v iniciální fázi dopadu	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud chodidlo testované DK dopadá v pořadí špička-pata, skóre je ANO. Pokud chodidlo testované DK dopadá v pořadí pata-špička nebo na celé chodidlo, skóre je NE.</i>			

Pokračování Přílohy 1.

5. Valgozita v kolenním kloubu v iniciální fázi dopadu	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<p><i>Definice: Pokud je v okamžiku prvního kontaktu se zemí koleno testované DK ve valgózním postavení skóre je ANO. Pokud není ve valgózním postavení, skóre je NE (v okamžiku prvního kontaktu se zemí spustíme vertikálu ze středu pately testované DK. Pokud vertikála prochází chodidlem nebo laterálně, koleno není ve valgózním postavení. Pokud vertikála prochází mediálně od chodidla, koleno je ve valgózním postavení).</i></p>			
6. Laterální flexe trupu v iniciální fázi dopadu	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<p><i>Definice: Pokud je v okamžiku prvního kontaktu se zemí trup v lateroflexi min. 5° (náklon doprava/doleva), skóre je ANO. Pokud trup není v lateroflexi, skóre je NE (v okamžik u prvního kontaktu se zemí nakreslíme přímku jdoucí od středu pánve směrem k jugulární jamce – jamka pod krkem. Pokud je přímka kolmá k zemi, trup není v lateroflexi. Pokud přímka není kolmá, trup je v lateroflexi).</i></p>			
7. Šířka postoje při dopadu – široká	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<p><i>Definice: V okamžiku, kdy je celé chodidlo testované DK v kontaktu se zemí, spustíme vertikálu ze špičky ramene (z akromionu). Pokud vertikála prochází mediálně od chodidla (postavení je široké), skóre je ANO. Pokud vertikála prochází chodidlem nebo laterálně od chodidla, skóre je NE (pokud je chodidlo testované DK v zevní nebo vnitřní rotaci, řídíme se pozicí paty).</i></p>			
8. Šířka postoje při dopadu – úzká	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<p><i>Definice: V okamžiku, kdy je celé chodidlo testované DK v kontaktu se zemí, spustíme vertikálu ze špičky ramene (z akromionu). Pokud vertikála prochází laterálně od chodidla (postavení je úzké), skóre je ANO. Pokud vertikála prochází chodidlem nebo mediálně od chodidla, skóre je NE (pokud je chodidlo testované DK v zevní nebo vnitřní rotaci, řídíme se pozicí paty).</i></p>			

Pokračování Přílohy 1.

9. Pozice chodidla – vnitřní rotace	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<i>Definice: Pokud je (kdykoli) v době od okamžiku prvního kontaktu se zemí po okamžik maximální flexe v kolenní chodidlo testované DK ve vnitřní rotaci 30° nebo více, skóre je ANO. Pokud méně než 30°, skóre je NE (jde o úhel mezi spojnicí kotník-špička a vertikálou).</i>			
10. Pozice chodidla – vnější rotace	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<i>Definice: Pokud je (kdykoli) v době od okamžiku prvního kontaktu se zemí po okamžik maximální flexe v kolenní chodidlo testované DK v zevní rotaci 30° nebo více, skóre je ANO. Pokud méně než 30°, skóre je NE (jde o úhel mezi spojnicí kotník-špička a vertikálou).</i>			
11. Symetrický dopad chodidel	Čelní	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud chodidla dopadají současně (symetricky), skóre je ANO. Pokud chodidla nedopadají současně nebo jedno z nich dopadá v pořadí pata-špička a druhé v pořadí špička-pata, skóre je NE.</i>			
12. Změna velikosti flexe v kolenním kloubu	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud je změna velikosti flexe v kolenním kloubu 45° a více (od okamžiku prvního kontaktu se zemí po okamžik maximální flexe v kolenní), skóre je ANO. Pokud je změna velikosti flexe v kolenním kloubu menší než 45°, skóre je NE.</i>			
13. Změna flexe v kyčelním kloubu	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud je flexe v kyčelním kloubu (úhel stehno-trup) větší v okamžiku prvního kontaktu se zemí než při maximální flexi v kolenní, skóre je NE. Pokud je flexe v kyčelním kloubu menší při počátečním kontaktu, skóre je ANO.</i>			
14. Změna flexe trupu proti vertikále	Boční	NE	ANO=0 NE=1
<i>Definice: Pokud je předklon (flexe) trupu větší v okamžiku prvního kontaktu se zemí než při maximální flexi v kolenní, skóre je NE. Pokud je předklon menší při počátečním kontaktu, skóre je ANO (v tomto bodě nás nezajímá pozice stehna; jde o úhel trup-vertikála).</i>			

Pokračování Přílohy 1.

15. Změna ve valgózním postavení v kolenním kloubu	Čelní	ANO	ANO=1 NE=0
<i>Definice: V okamžiku maximálního valgózního postavení kolen (kolena jsou k sobě nejbliže) spustíme vertikálu ze středu pately. Pokud vertikála prochází palcem nebo je mediálně od palce, skóre je ANO. Pokud vertikála prochází laterálně od palce, skóre je NE.</i>			
16. Tuhost dopadu	Boční	PRŮMĚR NEBO TVRDÉ	MĚKKÉ=0 PRŮMĚR=1 TVRDÉ=2
<i>Definice: Sledujeme změny flexe v kyčelním a kolenním kloubu. Pokud je změna flexe trupu, kyčle a kolene velká, skóre je MĚKKÉ/SOFT. Pokud je změna flexe průměrná, skóre je PRŮMĚR/AVERAGE. Pokud je změna flexe velmi malá, skóre je TVRDÉ/STIFF.</i>			
17. Celkové hodnocení	Boční Čelní	PRŮMĚR NEBO SLABÝ	EXCELENTNÍ=0 PRŮMĚR=1 SLABÝ=2
<i>Definice: Pokud je dopad měkký a nedochází k pohybu kolenního kloubu testované DK v čelné rovině, skóre je EXCELENTNÍ/EXCELLENT. Pokud je dopad tvrdý (tuhý) a dochází k pohybu kolenního kloubu v čelné rovině, skóre je SLABÝ/POOR. Všechny ostatní dopady mají skóre PRŮMĚR.</i>			

Příloha 2. Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUČI, FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie

Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný (á) souhlasím s účastí mého syna/dcery ve studii.
2. Byl (a) jsem podrobně informován (a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se od mého syna/dcery mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Porozuměl (a) jsem tomu, můj syn/dcera může kdykoliv svou účast přerušit či odstoupit a že účast ve studii je dobrovolná.
3. Při zařazení do studie budou data mého syna/dcery uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti osobních dat. Pro výzkumné a vědecké účely mohou být údaje mého syna/dcery poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
4. S účastí mého syna/dcery ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.
5. Porozuměl jsem tomu, že jméno mého syna/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:

Pokračování Přílohy 2.

Informovaný souhlas s poskytnutím vzorku DNA

Testovaná osoba - VZOREK

Jméno a příjmení: _____ Datum narození: _____

Datum odběru: _____

Rasa (zakroužkujte): běloch černoch hispánec asiatický jiná (prosím popište) _____

(obvykle dle barvy kůže – bílá, černá, hnědá, žlutá – slouží ke zpřesnění statistiky pravděpodobnosti možného výskytu obdobné DNA v běžné populaci stejného typu)

Svěděk (je-li přítomen odběru)

“Prohlašuji, že vzorky odebrané pro tento DNA test byly odebrány dle přiloženého návodu a správně označeny výše uvedenými údaji. Jsem srozuměn s tím, že nesprávné označení vzorků může vést k nespolehlivým výsledkům DNA testu. Prohlašuji, že nemám žádný zájem na nespolehlivosti tohoto testu či jeho zneužití pro jiné než výzkumné účely.”

Jméno a příjmení: _____

Podpis: _____

Testovaná osoba/zákonný zástupce

Tímto uděluji svůj výslovný SOUHLAS se zpracováním mých osobních a genetických údajů, které jsem dobrovolně poskytl pro potřeby vědeckého záměru FTK UP se sídlem Třída Míru 117, Olomouc, 771 11. Byl jsem informován o významu vědeckého záměru, jehož se účastním. Souhlasím s anonymním prezentováním výsledků v rámci vědeckých prezentací a materiálů FTK UP, bez porušení práv třetích osob. Souhlas uděluji ve výše uvedeném rozsahu na dobu nezbytnou pro realizaci projektu.

Testovaná osoba

Jméno a příjmení: _____

Podpis a datum _____

Zákonný zástupce

Jméno a příjmení: _____ Datum narození: _____

Podpis a datum _____

Upozornění: Odebrané vzorky budou sloužit výlučně k výzkumným účelům a ve výsledném hodnocení nebudou vztahovány k jednotlivým osobám. Analýza vzorků proběhne ve spolupráci s Ústavem molekulární a translační medicíny Lékařské fakulty UP v Olomouci, kde bude také zajištěna anonymizovaná archivace DNA po dobu řešení projektu.

Příloha 3. Vyjádření Etické komise FTK UP

Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUC

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.
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.

Na základě žádosti ze dne 13. 3. 2015 byl projekt základního výzkumu (výzkumného sledování)

Autoři: **doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr., Prof. Mark De Ste Croix, Ph.D., Prof. RNDr Miroslav Janura, Dr., PhDr. Petr Šťastný, Ph.D., Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D., Mgr. Amr Zaatar, Ph.D., PhDr. Michal Botek, Ph.D., Mgr. Karel Hůlka, Ph.D., RNDr. Milan Elfmark**

s názvem **Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 14 / 2015
dne: 19. 3. 2015.

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi 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

razítko fakulty

Příloha 4. VAS škála, která byla vyplňována hráči před utkáním a po utkání

Škála VAS

Zaznač křížkem na níže uvedené přímce, jakou bolest svalů pociťuješ:

Žádná  Nesnesitelná
bolest bolest

Jméno a příjmení:

Datum:

Příloha 5. Vybrané snímky z videozáznamů motorického testu single leg-CMJ

Snímek 1: Moment prvního kontaktu testované dolní končetiny se zemí



Snímek 2. Moment maximální flexe v kolenním kloubu testované dolní končetiny



Snímek 3. Moment prvního kontaktu testované dolní končetiny se zemí



Snímek 4. Okamžik, kdy je celé chodidlo testované dolní končetiny v kontaktu se zemí



Pokračování Přílohy 5.

Snímek 5. Moment maximálního valgózního postavení kolenního kloubu testované dolní končetiny

