

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**Tuhost a reakční síla dolních končetin
u basketbalistů věkové kategorie 13 a 15 let
v průběhu soutěžního období**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Šárka Lazecká, obor fyzioterapie

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

Olomouc, 2019

Jméno a příjmení autora: Šárka Lazecká

Název diplomové práce: Tuhost a reakční síla dolních končetin u basketbalistů věkové kategorie 13 a 15 let v průběhu soutěžního období

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Rok obhajoby diplomové práce: 2019

Abstrakt:

Cílem diplomové práce bylo zjistit u basketbalistů kategorií U14 a U16, zda se v průběhu soutěžního období mění tuhost dolních končetin (LS) a reakční silový index (RSI) jako indikátory svalové únavy. Studie se zúčastnili basketbalisté v kategorii U14 (n=24) a v kategorii U16 (n=24). Obě kategorie hráčů byly následně rozděleny na vyšší (Prostějov, U14A a U16A) a nižší (Olomouc, U14B a 16B) úroveň. Testování proběhlo na začátku, uprostřed a na konci sezóny. Výsledky ANOVY ukázaly signifikantní rozdíly mezi hodnotami RSI na začátku, uprostřed a na konci herní sezóny ($F=4,48$, $p=0,014$, $\eta^2=0,15$). Post-hoc test ukázal významně vyšší hodnoty RSI na konci sezóny oproti začátku u hráčů kategorie U16A ($p=0,019$) a U16B ($p=0,04$). Naopak hodnoty relativní LS oproti začátku na konci sezóny významně poklesly u hráčů kategorie U16A ($p=0,02$) a U16B ($p=0,04$). Výsledky ANOVY rovněž prokázaly signifikantní rozdíly RSI mezi kategoriemi U14 a U16 ($F=13,36$, $p=0,001$, $\eta^2=23$). Post-hoc test ukázal rozdíly na začátku ($p=0,04$ a $p=0,04$), v polovině ($p=0,037$ a $p=0,039$) i na konci sezóny ($p=0,001$ a $p=0,02$). Nebyla jednoznačně potvrzena kumulace neuromuskulární únavy u hráčů na konci herní sezóny. Zlepšení úrovně sledovaných indikátorů únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu s věkem bylo potvrzeno jen v případě RSI. Nebyl potvrzen rozdíl mezi hráči nižší a vyšší úrovně u obou soutěžních kategorií.

Klíčová slova: reakční silový index, tuhost dolních končetin, cyklus natažení a zkrácení, plyometrie, basketbal, poranění kolene, pružinový model

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's name and surname: Šárka Lazecká

Diploma thesis title: Leg Stiffness and Reactive Strength in Basketball Players Aged 13 and 15 Years during Competition Period

Department: Department of Physiotherapy

Diploma thesis supervisor: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Year of diploma thesis oral defence: 2019

Abstract:

The objective of the diploma thesis was to find out, in basketball players of categories U14 and U16, whether the leg stiffness (LS) and the reactive strength index (RSI) as indicators of muscle fatigue change during the competition period. The study involved basketball players of U14 category (n=24) and U16 category (n=24). Both categories of players were further divided into a higher level (Prostějov, U14A and U16A) and a lower level (Olomouc, U14B and U16B). Testing took place at the beginning, in the middle and at the end of the period. ANOVA results showed significant differences between RSI values at the beginning, in the middle and at the end of the competition period ($F=4,48$, $p=0,014$, $\eta^2=0,15$). The post-hoc test showed significantly higher RSI values at the end of the period as compared to the beginning in players of categories U16A ($p=0,019$) and U16B ($p=0,04$). On the contrary, the relative LS values at the end of the period dropped significantly in categories U16A ($p=0,02$) and U16B ($p=0,04$) if compared to the beginning of the period. ANOVA results also showed significant differences of the RSI between categories U14 and U16 ($F=13,36$, $p=0,001$, $\eta^2=0,23$). The post-hoc test showed differences at the beginning ($p=0,04$ and $p=0,04$), in the middle ($p=0,037$ and $p=0,039$) and at the end of the period ($p=0,001$ and $p=0,02$). The accumulation of neuromuscular fatigue in players at the end of the competition period was not conclusively confirmed. The improvement of the level of monitored indicators of fatigue of the neuromuscular apparatus of the knee joint with age was confirmed only in case of the RSI. The difference between the lower and the higher-level players in both competition categories was not confirmed.

Keywords: reactive strength index, leg stiffness, stretch-shortening cycle, plyometrics, basketball, knee injury, spring-mass model

I agree with lending of the diploma thesis within library services

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

V Olomouci dne 18.4.2019

.....
podpis diplomanta

Diplomová práce vznikla za podpory projektu grantové agentury České republiky č. GA16-13750S s názvem „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání“.

Děkuji Doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za pomoc s touto diplomovou prací, vedení, cenné rady a čas, který mi tímto věnoval. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Karlu Hůlkovi, Ph.D. za statistické zpracování dat a všem účastníkům, kteří se podíleli na měření.

Seznam použitých zkratek

aj.	a jiné
ANOVA	Analysis of variance
HK, HKK	horní končetina/-y
DK, DKK	dolní končetina/-y
km	kilometry
LCA	přední zkřížený vaz (ligamentum cruciatum anterius)
LCP	zadní zkřížený vaz (ligamentum cruciatum posterius)
lig.	vaz (ligamentum)
LS	tuhost dolních končetin (leg stiffness)
m	metr
min	minuty
m., mm.	sval/-y (musculus/musculi)
n	počet
např.	například
p	korelační koeficient
RSI	reakční silový index (reactive strength index)
s	sekunda
SD	směrodatná odchylka
SSC	cyklus natažení a zkrácení (stretch-shortening cycle)
U14(A,B)	kategorie basketbalistů ve věku 13 let (úroveň A vyšší, B nižší)
U16(A,B)	kategorie basketbalistů ve věku 15 let (úroveň A vyšší, B nižší)

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	PŘEHLED SOUČASNÝCH POZNATKŮ.....	13
2.1	POHYBOVÁ AKTIVITA V DĚTSKÉM VĚKU A BĚHEM DOSPÍVÁNÍ.....	13
2.1.1	Biologický a kalendářní věk	14
2.2	BASKETBAL	14
2.2.1	Únava a zranění	16
2.2.2	Nejčastější zranění u dospělých.....	18
2.2.3	Nejčastější zranění u dětí a dorostu	19
2.2.4	Zranění LCA.....	21
2.2.5	Zranění laterálních vazů kotníku	23
2.3	CYKLUS NATAŽENÍ A ZKRÁCENÍ SVALU.....	23
2.3.1	Feedforward a propiocepce	24
2.3.2	Typy cyklu natažení a zkrácení	25
2.3.3	Hodnocení cyklu natažení a zkrácení	26
2.4	TUHOST DOLNÍCH KONČETIN	26
2.4.1	Vztah tuhosti dolních končetin ke kloubům a svalům.....	28
2.4.2	Frekvence skoků	29
2.4.3	Měření tuhosti dolních končetin	30
2.4.4	Rozdíl tuhosti dolních končetin u dětí a dospělých	30
2.4.5	Význam tuhosti dolních končetin ve sportu	31
2.5	REAKČNÍ SILOVÝ INDEX.....	32
2.5.1	Měření reakčního silového indexu.....	33
2.5.2	Význam reakčního silového indexu ve sportu.....	34
2.6	PREVENCE ZRANĚNÍ	37
2.7	SHRNUTÍ PROBLEMATIKY	40

3	CÍLE A ÚKOLY PRÁCE.....	42
3.1	CÍL PRÁCE	42
3.2	VÝZKUMNÉ OTÁZKY	42
4	METODIKA MĚŘENÍ.....	43
4.1	VÝZKUMNÝ SOUBOR.....	43
4.2	HARMONOGRAM MĚŘENÍ.....	44
4.3	POSTUP MĚŘENÍ	45
4.3.1	Test opakovaných submaximálních vertikálních skoků z místa.	45
4.3.2	Test maximálních vertikálních skoků z místa	46
4.4	STATISTICKÁ ANALÝZA DAT	47
5	VÝSLEDKY	48
5.1	REAKČNÍ SILOVÝ INDEX.....	48
5.2	TUHOST DOLNÍCH KONČETIN	48
6	DISKUZE	50
6.1	REAKČNÍ SILOVÝ INDEX.....	50
6.2	TUHOST DOLNÍCH KONČETIN	53
6.3	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	55
6.4	LIMITY STUDIE	57
6.5	ODPOVĚDI NA VÝZKUMNÉ OTÁZKY	57
6.6	POHLED FYZIOTERAPEUTA.....	58
7	ZÁVĚRY	60
8	SOUHRN.....	61
9	SUMMARY.....	62
10	REFERENČNÍ SEZNAM	64
11	PŘÍLOHY	69

1 ÚVOD

Pohyb je pro tělo důležitý po celou dobu života, a je jen otázkou, v jakém množství je zdraví prospěšný a vede k lepšímu výkonu, a kdy už nikoliv. Na děti v období dospívání jsou ve sportu kladeny vysoké fyzické nároky, po kterých však většinou nenásleduje dostatečná doba odpočinku a regenerace. Často se u nich akumuluje únava, která může mít za následek vyšší riziko zranění. Dětský organismus disponuje rozdílným řízením pohybu než je tomu u dospělých, jelikož jejich tělo je ještě v období růstu a zrání. Mezi nejčastější lokality poranění pohybového aparátu patří ve sportu beze sporu kotník a koleno. Vazivová poranění mají vyšší incidenci než poranění šlacho-svalová. Vazy mohou být poškozeny pouze distenzí nebo rupturou. V oblasti kotníku se jedná hlavně o poranění vnějších postranních vazů (lig. calcaneofibulare, lig. talofibulare anterius, lig. talofibulare posterius), ke kterým dochází při inverzi nohy ve stojné fázi kroku. V oblasti kolene jde především o poškození předního zkříženého vazů (LCA), které se nezdá vyskytuje s poraněním lig. collaterale mediale a mediálním meniskem, a které pak tvoří tzv. nešťastnou triádu. K poranění LCA může dojít kontaktně, častěji se však jedná o bezkontaktní poranění bez cizího zavinění.

Mezi oblíbené kolektivní sporty dnešní doby patří bez pochyby basketbal. Jedná se o sport se spoustou vertikálních skoků, zrychlení, zpomalení a náhlých změn směru především ve frontální rovině. Všechny tyto pohyby jsou pro nepřipraveného jedince velmi riskantní z hlediska možného poranění. Tehdy jsou na dolní končetiny (DKK) kladeny vysoké nároky a musí odolávat i mnoha vnějším vlivům. Navíc se jedná o kontaktní hru, při které hrozí opět o něco vyšší zranění. Převažují úrazy u chlapců a to nejčastěji během zimních měsíců, tedy v druhé polovině sezóny.

Jakékoliv zranění může sportovce zanechat dlouhou dobu mimo hru, proto je lepší jim předcházet. Toho se dá docílit správně sestaveným tréninkovým plánem, dostatečnou regenerací organismu a pomocí fyzioterapeuta, který přizpůsobí rehabilitační plán jednotlivým hráčům podle specifik, na které by se měli zaměřit. V této diplomové práci je zkoumáno,

jaký má vliv průběh herní sezóny na únavu hráčů, a tím i na vyšší riziko zranění v závěru sezóny.

2 PŘEHLED SOUČASNÝCH POZNATKŮ

2.1 POHYBOVÁ AKTIVITA V DĚTSKÉM VĚKU A BĚHEM DOSPÍVÁNÍ

Dostatek pohybové aktivity a sportu u dětí má za následek dobrý vývoj pohybového aparátu, zvýšení výkonnosti srdce a plic, a vyšší senzitivitu tkání na inzulín. Pohybová aktivita je u nich předpokladem pro lepší zdravotní stav v průběhu dospělosti oproti těm, které se v dětství sportu nevěnovaly. Na druhé straně, pokud je pohybové aktivity (především vytrvalostního typu) v dětském věku příliš, zvyšuje se riziko hypothalamicko-hypofyzární dysfunkce a hrozí snížení imunity. V první dekádě života zabírá aktivní pohyb 70-80 % z doby bdění, přičemž dítě podvědomě samo reguluje toto procento. Od 10. roku života se však pohybová aktivita u většiny případů postupně snižuje, a to ročně o 1-2 %. Celkový výdej energie klesá u dívek ve věku 11-12 let téměř o třetinu, u chlapců o přibližně stejnou část průměrně až o rok později. To má za následek nárůst obézních jedinců tohoto věku. Dle názoru odborníků má na fyziologický vývoj dítěte školního věku příznivý vliv alespoň 1 hodina sportovní aktivity denně. Pokud by se chtělo dítě věnovat sportu na vrcholové úrovni, mělo by se především, dle názorů trenérů, začít sportu intenzivně věnovat ještě před 10. rokem života. Především u jednostranných a náročných sportů to vede k přetěžování lidského organismu, jehož následkem je odklon od fyziologického vývoje pohybového ústrojí mladého sportovce (Máček & Radvanský, 2011).

Fyzický výkon se zvyšuje během dětství nelineárně. Dítě je nejvíce citlivé na nadměrné stimuly (tzn. trénink) během běžně objevujících se period. Tyto periody se nazývají tzv. „okna příležitosti“ a vykazují vyšší senzitivitu na adaptaci. K maximálnímu zvýšení fyzického potenciálu mladých sportovců je nezbytné těchto období využít v jejich prospěch. Vývoj rychlosti, svalové síly a aerobní vytrvalosti je možný umocnit využitím dvou hlavních period. První období je pre-pubertální, které je spojeno především se zlepšením nervosvalových funkcí. Druhé období je post-pubertální, které souvisí se zvýšením hladiny androgenů, a tím pádem i s vývojem svalových vláken a nárůstem svalové hmoty. Otázkou však je, zda takto nabytá adaptace u dětí přetrvává i do období dospělosti (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2011).

Nevyztřené neurofyziologické funkce dětského organismu vedou k větší funkční variabilitě pre-motorické oblasti mozkové kůry pro přesné udržení posturální kontroly a akomodaci pro rychlé korekce pohybu. Vývoj motorické koordinace může být u stejně starých dětí rozdílný díky biologické zralosti (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009). Jak dětské tělo roste, začíná být více efektivní v pohybu (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016).

Mezi benefity sportovní aktivity u dětí patří zlepšení fyzického výkonu a koordinace, disciplína, týmová práce a vnímání pozitivních hodnot jako je osobní uspokojení a úspěch (Gaca, 2009).

2.1.1 Biologický a kalendářní věk

Dospívání je spojeno s velkými změnami ve fyziologických a strukturálních procesech. Rychlý růst kostí může mít za důsledek prodlužování svalů. To vede k poškození jejich struktury, neuromuskulárních funkcí a tím poklesu fyzického výkonu. Trenéři věnující se dětem a dospívajícím by měli brát na tyto změny ohled, silový a vytrvalostní program přizpůsobit těmto faktorům tak, aby byl pro hráče bezpečný a efektivní, vedl ke zvýšení výkonu a ke snížení rizika poranění (Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & De Ste Croix, 2014).

Biologický věk se vztahuje k etapě vývoje člověka do dospělosti. Existují výrazné rozdíly jak mezi jedinci v rozsahu změn, tak v jejich načasování a rychlosti, a taktéž se nacházejí odchylky u různých tělesných částí. Průběh dospívání je individuální. Tělesné dospívání, tedy biologický věk, se však liší od věku kalendářního. K rozdělení hráčů do skupin je využíváno právě věku kalendářního. Tito hráči se pak mohou výrazně lišit svým biologickým věkem. Sportovci jsou podrobováni během herní sezóny za účelem zjištění jejich momentálního fyzického stavu a efektivity tréninkového plánu. Tyto testy mohou být však výrazně ovlivněny růstem a dospíváním (Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & De Ste Croix, 2014).

2.2 BASKETBAL

Jedná se o celosvětově velmi populární sport, který je provozován uvnitř i venku po celý rok (Gaca, 2009). Basketbal byl původně nekontaktní sport, který se v důsledku vývoje však vyvinul ve hru kontaktní. Nyní je tedy

sportem, kde je dotyk mezi hráči běžný a hráči jej musí umět dostatečně předvídat (Drakos, Domb, Starkey, Callahan, & Allen, 2010). Postupně se hráči propracovali především k vyšší rychlosti hry, a to díky povolenému kratšímu času na střelbu míčem a také lehčím míčem pro ženy. Oproti fotbalu a volejbalu basketbal vyžaduje mnoho vertikálních skoků. Jde o sport zahrnující mnoho zrychlení a zpomalení pohybu. Atlet musí měnit směr nebo pohyb v průměru co 2-3 sekundy. Zatímco při většině sportů a běhu je pohyb realizován především v sagitální rovině, v basketbalu převažuje pohyb v rovině frontální, a to především během obranných akcí (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Heghes, 2015).

Basketbalisté se učí pod dohledem trenérů kontaktní pohyby. Hráči běžně využívají svá těla a dokáží je využít ve svůj prospěch, například pro boj o pozici na hřišti nebo k obrannému kontaktu spoluhráče pro udržení míče. Vývoj basketbalu tímto směrem však vede k vyšším počtům zranění (Drakos, Domb, Starkey, Callahan, & Allen, 2010). Muži hrající basketbal jsou nejčastěji ošetřovaní sportovci v nemocnicích USA. Ženy zaujímají druhou příčku hned za cyklistikou. Identifikace nejčastěji vyskytujících se zranění v tomto sportu a popis jejich mechanismu, který je zodpovědný za daná zranění, povede, podle názoru odborníků, k efektivnější prevenci (Pappas, Zazulak, Yard, & Hewett, 2011). Pro hráče a trenéry je vždy nejvíce podstatná informace, po jak dlouhou dobu bude poraněný hráč vyřazen ze hry (Harmer, 2005). K mnoha zraněním, způsobeným při basketbalu, dochází díky hře na tvrdém povrchu hřiště a nedostatku ochranných vybavení. Rovněž je rozhodující, na které pozici se hráč nachází. Centr pivot, který tráví většinu hry pod košem, kde je velká akumulace hráčů, má větší riziko zranění než rozehrávač nebo křídlo (Gaca, 2009).

Hráči během zápasu uběhnou v průměru 5-6 km, výkon se udržuje nad laktátovým prahem a jejich tepová frekvence se pohybuje na 85 % z maxima. Basketbalová sezóna patří mezi nejdélejší ze všech profesionálních sportů. V tomto sportu hráči provádějí mnoho vysoce intenzivních pohybů během tréninků i zápasů, které mohou vést k akutní nebo chronické kumulované únavě. Ta může nepříznivě ovlivnit průběh celé hráčovy sezóny. Hodnocení únavy během sezóny může pomoci udržet vysokou úroveň hráčova

výkonu a zároveň eliminovat nechtěné fyzické adaptace, které by mohly vést ke zranění (Edwards et al., 2018).

2.2.1 Únava a zranění

Posturální kontrola je komplexní funkce zahrnující zajištění vertikální projekce těžiště uvnitř báze opory. Jedná se o neustálý proces balancování. Posturální stabilita může být kvantifikována díky měření vychýlení těžiště (Paillard, 2012). Únava ovlivňuje jak periferní, tak i centrální nervovou soustavu (Ortiz et al., 2010). Mění biomechanické a neuromuskulární faktory spojené se vznikem zranění. Mezi tyto faktory řadíme svalovou sílu, schopnost vyvinout určité množství síly, strategie svalové ko-aktivace, pohybové strategie a tuhost svalů a kloubů (Padua et al., 2006). Únava může být vnímána jako zvýšené úsilí potřebné k udržení fyzické kondice, čímž může celkový výkon ve výsledku snížit. Z tohoto důvodu by měla být únava u sportovců monitorována, a to jak z krátkodobého tak dlouhodobého hlediska (Oliver, Lloyd, & Whitney, 2015). Stabilita kloubů, a tím ochrana před zraněním, je mimo jiné vázána na adekvátní feed-forward a feedback, které bývají ovlivněny únavou. Tato kloubní stabilita je dána především tuhostí kloubu, která je dána především svalovou tuhostí, jenž svědčí o schopnosti odolávat pohybu. Tuhost DKK (leg stiffness, LS) slouží jako ochrana před zraněním pasivních struktur kloubů (např. přední zkřížený vaz – lig. cruciatum anterius, LCA) a její hodnoty jsou ovlivněny únavou jedince. Dále má únava vliv na reakční sílu svalů, která může být hodnocena pomocí reakčního silového indexu (reactive strength index, RSI). RSI vyjadřuje schopnost rychlé přeměny excentrické kontrakce na koncentrickou (Lehnert et al., 2018).

Zranění jsou všeobecně u sportovců častější na konci utkání, čímž se předpokládá, že právě únava hraje v poranění jedince podstatnou roli (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008; Schmitz, Hyunsoo, & Shultz, 2015). Únava má především vliv na neuromuskulární kontrolu (koaktivace svalů a aktivity reflexního oblouku), biomechanické parametry (kinetika a kinematika) a propioceptivní funkci (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008). Únava ovlivňuje především dynamickou stabilitu kloubů a to díky snížení svalové síly a koordinace, pomalejší neuromuskulární aktivace, zvýšení třecích sil a momentů kloubů a oslabení kloubů (Ortiz et al., 2010). Tím hraje roli také

v laxicitě kloubů, což může vést k nižší odolnosti vůči aplikovaným silám na tyto klouby. Neuromuskulární únava nejvíce souvisí s kolenním kloubem a nekontaktním poraněním LCA (Thomas, A. C., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G., 2011). Je definována jako ztráta schopnosti vyprodukovat sílu svalu nebo svalové skupiny, která je vyvolána cvičením, ovlivňující procesy na všech úrovních motorické dráhy mezi mozkem a svalem (Schmitz, Hyunsoo, & Shultz, 2015).

Dále má únava vliv na vizuální systém, vestibulární systém a vstupy z plantární strany nohy. Tímto dochází k alteraci celkového vnímání tělesného schématu. Zprvé se jedná o všeobecnou únavu zahrnující celé tělo, především pokud je překročen laktátový práh. Zadruhé hovoříme o lokálním svalovém vysílení, zahrnující dané svaly nebo svalové skupiny, pokud je maximální volní kontrakce oslabena minimálně o 25-30 %. Oba tyto typy zásadně ovlivňují posturální kontrolu, a může k tomu dojít jak akutně, tak i prolongovaným tréninkem. Postiženy jsou senzorické vstupy i motorické výstupy posturální kontroly, které dále díky svalové únavě ovlivňují motorické strategie. Pokud jsou unaveny flexory a extenzory kolenního kloubu, tělo nemá tento výpadek jak kompenzovat, jelikož v oblasti tohoto kloubu nejsou svaly, které by kloub stabilizovaly ve frontální rovině (Paillard, 2012). Únava ovlivňuje aktivaci svalů, a to především z pohledu jejich pozdější pre-aktivace před daným pohybovým úkonem. Konkrétně během doskoku dochází k pozdní aktivaci laterální části hamstringů a mm. gastrocnemii bez ohledu na pohlaví jedince. Při únavě byl zjištěn větší úhel flexe kolene ve fázi dopadu na podložku, a to především u mužů (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008). Paillard (2012) se přiklání k testování svalové únavy dolních končetin (DKK) při akcích pouze na jedné DK, jelikož tehdy je posturální kontrola jedince ovlivněna mnohem více než při aktivitách na dvou DKK. Je dobré také zmínit, že svalová únava jedné DK ovlivňuje posturální stabilitu kontralaterální DK díky ovlivnění centrálního nervového systému.

Mnoho poranění však může být skrytá a asymptomatická. To však může vyústit v další komplikace. Během basketbalové hry jsou kolena hráčů vystavována opakovaným traumatizacím. U sportovců hrajících basketbal na vysoké úrovni se s velkou pravděpodobností za pár let vyskytnou

abnormality v oblasti kolenního kloubu (Major & Helms, 2002; Pappas, Vogelsong, Staroswiecki, Gold, & Safran, 2016). Major a Helms (2002) zkoumali vyšetření kolene magnetickou rezonancí u asymptomatických hráčů basketbalu, přičemž 74 % z nich vykazovalo abnormality jak vazů, chrupavky, tak i kosti. Nikdo z nich však neměl patologický meniskus, který bývá častěji poraněn u fotbalových hráčů, a to díky jinému zatížení tohoto kloubu. Překvapivě časté byly patologie kosti, a to především mikrofraktury a kontuze. To si autoři vysvětlují díky transmisi tlaku z menisku dále na chrupavku a kost. U 35 % hráčů se nacházel malý kloubní výpotek. Pappas, Vogelsong, Staroswiecki, Gold a Safran (2016) prokázali abnormality kolenního kloubu dokonce u 89 % asymptomatických basketbalových hráčů, kdy se jednalo o léze chrupavky, poškození menisků, edém kostní dřeně, kloubní výpotek a tendinopatii lig. patellae. Z toho jedna žena, vykazující na začátku sezóny patologické změny na chrupavce laterální kondylu femuru, utrpěla na tomtéž místě akutní zranění chrupavky pár týdnů po započetí sezóny. Po ukončení sezóny měli všichni basketbalisté o jeden nález na magnetické rezonanci více než na počátku. Jednalo se hlavně o poranění chrupavky a menisků, a tendinopatii lig. patellae.

Jedinci po vyčerpání mají tendenci při skákání vykazovat větší strategii v kotnících, inhibici hamstringů a vyšší aktivace m. quadriceps femoris. Díky právě těmto změněným strategiím je mnohem vyšší riziko poranění LCA. Dochází k vyšší aktivitě mm. gastrocnemii, kteří jsou antagonisté LCA, a svou aktivitou zvyšují jeho napětí. Vždy záleží také na schopnosti daného jedince vnímat únavu. Faktory jako je únava na začátku a uprostřed herní sezóny a její případné změny, výrazně předurčují možnost poranění muskulo-skeletálního aparátu během sezóny (Padua et al., 2006).

2.2.2 Nejčastější zranění u dospělých

V rámci tohoto sportu se jedná jak o poranění z nadměrného opotřebování struktur (např. tendinopatie, únavové zlomeniny), tak o traumatická zranění (např. natažení vazů). Co se týká DKK, je nejvíce pozornosti směřováno na vyvrtnutí kotníku a poranění LCA (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Hegedus, 2015).

Během pozorování profesionálních hráčů National Basketball Association (NBA) po dobu 17 let vyšly najevo nejčastější úrazy spojené s basketbalem. Na prvním místě bylo poranění laterálních vazů kotníku, které není kvůli častým skokům a doskokům do davu hráčů žádným překvapením. Hráčům jako prevence nepomohly tejpky, obinadla ani špičková obuv navržená pro protekci kotníků. Mezi další časté zranění patřil zánět v oblasti úponu m. quadriceps femoris a namožení svalů v bederní oblasti a hamstringů. Kvůli právě těmto poraněním sportovci byli často nuceni vynechávat utkání. Z hlediska nejvíce vynechaných utkání byly nejhorším problémem záněty ve femoropatelní oblasti a dále všeobecně poranění v oblasti DKK. Naproti tomu závažná ligamentózní poranění v oblasti kolene (ruptura LCA aj.) byly u basketbalistů překvapivě málo častá. Tato poranění nijak nekorespondovala s věkem, výškou, váhou ani počtem let hráčů provozujících basketbal na profesionální úrovni. Musíme však brát v potaz, že profesionální hráči stráví ve hře delší čas, trénují déle a mají daleko vyšší věk než děti (Drakos, Domb, Starkey, Callahan, & Allen, 2010). S BMI nad 25 kg/m² výrazně roste riziko poranění menisků (Ito, Iwamoto, Azuma, & Matsumoto, 2015).

Je třeba zmínit, že basketbal je sport, kde není výjimečné náhlé srdeční selhání. U žen se často vyskytuje triáda zahrnující poruchy příjmu potravy, amenoreu a osteoporózu. To může mít za následek vyšší riziko únavových zlomenin (Gaca, 2009).

2.2.3 Nejčastější zranění u dětí a dorostu

Hráči basketbalu dětského věku jsou nejčastěji ošetřovaní sportovci u pediatrií. Chlapci se poraní velmi často ve hře při střelbě na koš, zatímco u dívek bývá zranění často spojeno s aktivitami při driblingu. Riziko zranění stoupá s odehranými utkáními v sezóně a s časem stráveným v dané hře (Harmer, 2005). Mezi nejčastěji zraněné děti 5-19 let patří věková kategorie 14 let, přičemž tři čtvrtiny zraněných jsou chlapci. Počet zranění v basketbale v tomto věkovém rozmezí má klesající tendenci. Zranění bývají převážně v zimním období (prosinec až březen) s nejvyšší incidencí v lednu. V této hře se nejčastěji jedná o natažení a natržení vazů (44.8 %), poté následují fraktury a dislokace (22.0 %). Jedná se o sport vykazující mnohá zranění, našťastí však jen málo z nich vyžaduje hospitalizaci (Randazzo, Nelson, & McKenzie, 2010)

Děti jsou díky neuzavřeným růstovým ploténkám náchylnější k frakturám dlouhých kostí, nicméně klasické zlomeniny v oblasti kolenního kloubu nejsou v tomto sportu časté. Můžeme se však setkat s avulzními frakturami tibie a femuru v místě LCA. To je časté, pokud ještě není skelet zralý. Dalším zraněním může být Segondova fraktura, kdy se jedná o avulzní frakturu tahem lig. collaterale laterale. Také tah silné úponové šlachy blízko růstové ploténky může vyústit k opakovanému trakčnímu poranění, jak je tomu u léze Osgood-Schlatter, kdy je narušena proximální část lig. patellae a vyskytuje se ve věku 10-14 let. Dalším příkladem je léze Sinding-Larsen-Johansson, která postihuje distální část lig. patellae při úponu na tuberositas tibiae, a je častá u chlapců ve věku 11-15 let. Oba případy bývají spojeny s náhlým růstem a projevují se otokem měkkých tkání a lokální citlivostí. Jedná se o léze spíše chronického charakteru a řeší se pouze konzervativně. Je nutné ale rozlišit akutní rukávovou avulzní frakturu, která se vyskytuje u dětí ve věku 8 – 12 let. Dítě není schopno postavit se na danou DK, má vysokou patellu, palpačně může být cítit mezera v lig. patellae. Na rentgenu je pak patrná avulze fragmentu inferiorní části patelly. Tato avulze se na rozdíl od výše popsaných lézí musí řešit operativně, naštěstí však nebývá tolik častá. U dětí jsou nejčastěji postiženy růstové chrupavky v oblasti lokte, kolene a kotníku. Díky rychlému růstu kostí a dysbalance svalů, nejsou výjimečná ani poranění okolních dynamických a statických stabilizátorů kloubů. Zadní zkřížený vaz (lig. cruciatum posterius, LCP) bývá postižen méně než LCA, jelikož k jeho poškození je zapotřebí větší síly. Stává se tak při pádech na holeň nebo při hyperextenzi kolene. Můžeme také narazit na skokanské koleno, které se projevuje extraartikulární bolesti kolenního kloubu a vyskytuje se u sportovců, kteří často využívají extenzi kolene (např. opakované skoky, běh, kopání). Setkat se můžeme i s únavovou zlomeninou tibie, zánětem Achillovy šlachy nebo plantární fascitidou (Gaca, 2009).

Mezi nejčastější zranění u dětí a dorostenců, ošetřených u lékaře (tedy ne veškerá poranění), se řadí výron kotníku, poranění a fraktury prstů, podvrtnutí kolene a tržné rány na obličej. Poranění kolenního kloubu je daleko častější u dospívajících dívek než u chlapců. Chlapcům se během dospívání zlepšuje neuromuskulární kontrola (zlepšení skoku do výšky a do dálky, schopnost zmírnit síly aplikované na jejich tělo), která může působit

protektivně co se týče kolenního kloubu. Dívky během dospívání nedisponují obdobnými neuromuskulárními adaptacemi. U ženského pohlaví se po první menstruaci objevuje vyšší poměr síly m. quadriceps femoris k hamstringům (2.06), což může vést ke zvýšení anteriorních smykových sil působících na tibií, a tím ke zvýšení náporu na LCA. Na druhou stranu prepubertální (1.58) a postpubertální chlapci (1.48), a prepubertální dívky (1.74) mají poměr síly těchto svalů daleko nižší. Dospívající basketbalisté vykazují více zranění než děti, což může být dané vyšší silou a rychlostí, které nabývají v období puberty (Pappas, Zazulak, Yard, & Hewett, 2011). Naštěstí nejsou v tomto sportu častá závažná poranění centrálního nervového systému, kardiovaskulárního a respiračního systému. Mimo pohybový aparát jsou však častá poranění očí. Chybí dostatek kvalitních studií zabývajících se zraněním v basketbale v dětském věku (Harmer, 2005).

2.2.4 Zranění LCA

Mezi nejčastější sportovní zranění dnešní doby všeobecně patří poranění LCA. Větší procento těchto poranění se stává nekontaktně, tedy bez cizího zavinění. Kolenní kloub bývá postižen často při změnách směru (např. vytočení trupu na noze) nebo deceleračních pohybech (např. náhlé zastavení a doskok). Díky těmto poznatkům se výzkum zaměřuje na objasnění potencionálních faktorů ovlivňujících nekontaktní poranění kolene a jeho mechanismu (Máček & Radvanský, 2011). Hráč při zranění často slyší prasknutí, vnímá náhlý začátek bolesti, otok okolních měkkých tkání a postižení kolene (Gaca, 2009). Za rizikový faktor těchto poranění je právě považována únava (Schmitz, Hyunsoo, & Shultz, 2015). Dynamická kontrola kolenního kloubu primárně závisí na excentrické schopnosti svalů v oblasti kolene, především na m. quadriceps femoris. Pokud je tato kontrola narušena únavou, může dojít ke zranění vazů, chrupavky nebo kosti (Ortiz et al., 2010).

Pohlaví jedince a únava jsou přímo spojeny s incidencí poranění LCA. Pohlaví jedince hraje velkou roli, jelikož rozdíly mezi četností úrazů u mužů a u žen jsou značné (Ito, Iwamoto, Azuma, & Matsumoto, 2015). Ženy jsou k tomuto poranění náchylnější před ovulační fází menstruačního cyklu. Mají také více vnitřně rotační postavení v kyčelních kloubech (Ito, Iwamoto, Azuma, & Matsumoto, 2015). Při jakýchkoliv pohybech lidského těla se liší

neuromuskulární strategie kontroly kloubů u mužů a u žen. Tyto rozdílné strategie můžeme pozorovat především u kolenního kloubu. Ačkoliv je poranění LCA častější u žen, jasný mechanismus příčiny není stále úplně jasný. Ženy mají nepatrně rozdílné pohyby a jiné zatížení v kolenním kloubu než muži, a to především během pohybů vedoucích k jeho poranění. Mají větší abdukční úhel kolene a vyšší moment abdukce během dopadu na DKK a při rychlých změnách směru. Dysbalance mezi m. quadriceps femoris a hamstringy je závažným rizikovým faktorem pro poranění LCA. Tato dysbalance se také mnohem častěji vyskytuje u žen a vede tak k horší strategii aktivní kontroly kolene. K dalším faktům patří dysbalance mezi aktivací mediální a laterální části m. quadriceps femoris. Rychleji aktivují laterální svaly stehna, tedy m. vastus lateralis a m. biceps femoris. To může způsobit větší kompresi laterální části kolene, otevření mediální štěrbiny, a tím zvýšené nároky na pevnost LCA. Aktivita mediálních svalů stehna má protektivní vliv na zvětšování úhlu abdukce bérce. Muži mnohem lépe aktivují svaly v oblasti kolenního kloubu, což má za následek kvalitnější kontrolu tohoto kloubu ve frontální rovině. Ženy mají tendenci doskakovat při větší flexi kolene a jsou zvyklé pomaleji brzdit dopad na podložku než muži. Tento mechanismus by mohl být u žen považován jako prevence poranění kolene. Při porovnání pre-aktivace svalů při doskoku nebyl zjištěn rozdíl mezi sportujícími ženami a těmi, které nesportují (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008). Ženy mají širší pánev než muži, což také ovlivňuje kolenní kloub. Roli mohou hrát i hormony, jelikož estrogen je spojován s laxitou vaziva a také neuromuskulární funkcí pevnosti šlach a vazů. Ženy při brždění častěji spoléhají na vazivový aparát kolene (Gaca, 2009). Poranění LCA je částečně ovlivněno tuhostí DKK. Ženy při skákání vykazují větší aktivitu m. quadriceps femoris než muži, což vede k vyššímu riziku nekontaktního poranění LCA. Ženy také vykazují méně tuhosti v oblasti kotníku (Hobara, Kato, Kobayshi, & Ogata, 2012).

Zranění LCA však nesouvisí pouze s únavou svalů v oblasti kolene. Únava zevních rotátorů kyčelního kloubu může vyústit ve špatnou stabilizaci kolene ve frontální rovině a vyšším abdukčním momentem. Pokud je unaven m. triceps surae, tělo jeho funkci nahradí větším zatížením m. quadriceps

femoris (který je antagonistou ACL), což vede k vyšší extenzi kolene při doskoku (Thomas, A. C., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G., 2011).

Nejčastěji k tomuto poranění dochází při iniciálním kontaktu nohy s podložkou při flexi kolenního kloubu zhruba ve 23°. Právě při nízkém stupni flexe kolene je přirozená přední translace tibie oproti femuru závislá především na LCA, aktivita svalů kolene začíná převažovat až při vyšší flexi (Schmitz, Hyunsoo, & Shultz, 2015). Stává se tak při valgózním postavení kolene se zevní rotací tibie při deceleračních pohybech (Ito, Iwamoto, Azuma, & Matsumoto, 2015).

Ito, Iwamoto, Azuma a Matsumoto (2015) sledovali výskyt poranění u hráčů basketbalu více věkových skupin. U všech kategorií dominovalo poranění v oblasti kolenního kloubu (především LCA), přičemž však byl tento kloub překvapivě častěji poškozen v porovnání s ostatními zraněními, čím starší hráči byli.

2.2.5 Zranění laterálních vazů kotníku

Zranění kotníku je u juniorských hráčů basketbalu nejčastější ze všech poranění během tohoto sportu. V oblasti kotníku se také dále jedná o únavové a traumatické zlomeniny. Poranění vazů kotníku však hráči často neřeší a tato zranění ve velké míře nebývají ani zaznamenána u lékaře. Právě opakované poranění v oblasti kotníku má za následek chronickou instabilitu hlezna (Ito, Iwamoto, Azuma, & Matsumoto, 2015).

2.3 CYKLUS NATAŽENÍ A ZKRÁCENÍ SVALU

Cyklus natažení a zkrácení svalu (stretch-shortening cycle, SSC) je klíčový faktor pro vysvětlení účinnosti lidského pohybu a lokomoce (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016). Je charakterizován fází preaktivace, rychlé excentrické kontrakce a náhlé změny na následnou kontrakci koncentrickou. Hraje velkou roli ve fyzickém výkonu, a to především ve sprintu, skocích a vytrvalostním sportu (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016; Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2011). Běh a skok typicky obsahují pružinový mechanismus DKK, tím hrají hlavní roli pro dobrý výkon v mnoha sportech, a právě tyto pohyby závisí na SSC svalu. Koncentrická kontrakce, které předchází excentrická kontrakce, vyústí v lepší

výkon (Hébert-Losier & Eriksson, 2014). Toto propojení vyprodukuje mnohem silnější svalový stah než by tomu bylo při pouhé koncentrické kontrakci samo o sobě. SSC se zdá být přirozenou formou svalové funkce. Během excentrické fáze dochází u aktivních svalů k protažení a absorbování energie. Část této energie je dočasně uložena a poté využita během koncentrické fáze SSC. Velmi krátká změna mezi excentrickou a koncentrickou fází je nezbytná pro optimální využití této elastické energie. To se děje díky nervové excitace kontraktilního svalového aparátu během excentrické fáze, což umožňuje větší nábor motorických jednotek během fáze koncentrické. Kloubní moment je vyšší na počátku koncentrické fáze. Je také vyprodukováno více práce v porovnání s pouze koncentrickým pohybem. Z tohoto důvodu je excentrická fáze tolik důležitá při cvičení a tréninku (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008).

Během funkčního tréninku jen málokdy dochází k únavě pouze určitého svalu nebo svalové skupiny. Z tohoto důvodu budou lépe hodnotit SSC testovací protokoly zahrnující aktivitu celých DKK a to při jejich plném zatížení. Nejdůležitější je fáze iniciálního kontaktu nohy, tedy jak DK zareaguje na přechod z nezatíženého stavu na zatížení (Schmitz, Hyunsoo, & Shultz, 2015).

2.3.1 Feedforward a propiocepce

Feedforward neboli předvídání pohybu je řízeno supra-spinální kontrolou. Ovlivňuje svalová vřeténka, SSC a tuhost svalů (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016). Rychlost pohybu a věk se jeví jako faktory ovlivňující schopnost předvídání pohybu. Rychlejší pohyb je výsledkem zvýšení feedforward aktivity díky aktivaci proprioceptorů. Tyto mechanismy se vyvíjí v období růstu a mohou vysvětlovat adaptaci závislou na věku. Snížená feedforward aktivita u dětí může být ochranným mechanismem pro prevenci nadměrného náhlého přetížení jejich šlacho-svalového systému (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012).

SSC způsobuje zvýšení excitability proprioceptorů pro optimální reakci neuromuskulárního systému. V rámci SSC se uplatňují především dva proprioceptory. Prvním je Golgiho šlachové tělísko, které je lokalizováno ve šlaše v blízkosti svalu, je napojeno na extrafuzální vlákna svalu

a je inervováno α -motoneuronem. Druhým je svalové vřetenko, které je umístěno mezi extrafuzálními svalovými vlákny svalu a je inervováno γ -motoneuronem. Golgiho šlachová tělíska reagují spíše na změny napětí. Inhibují agonistické svaly a facilitují antagonisty. Tyto inhibiční procesy fungují jako ochranné mechanismy. Pokud svalové kontraktlní síly dosáhnou bodu, kdy by se už mohlo vyskytnout poranění šlachy nebo svalu, Golgiho tělísko zvýší aferentní aktivitu. To způsobí inhibici motoneuronů inervujících kontrahované svaly a zároveň excitaci motoneuronu antagonistických svalů. Nicméně inhibiční akce Golgiho tělísek může být minimalizována. Reflexní děj svalového vřetenka může přispět k většímu množství vykonané práce u SSC. Svalové vřetenko je facilitační mechanoreceptor, který reaguje na náhlé změny v délce svalu a slouží k ochraně šlacho-svalového komplexu. Pokud excentrické protažení dosáhne prodloužení délky svalu, která by mohla potencionálně poškodit šlacho-svalový komplex, aktivuje to svalové vřetenko a způsobí reflexní stimulaci kontrakci agonisty. Přínos svalového vřetenka je jedním z mechanismů přispívající ke zlepšení výkonu během SSC aktivit jako je hluboký dřep, který zahrnuje velmi rychlou excentrickou fázi (Flanagan, Eamon, & Comyns, 2008).

2.3.2 Typy cyklu natažení a zkrácení

SSC můžeme rozdělit na dva typy, a to pomalý a rychlý. Rychlý SSC je charakterizován krátkými časy kontrakce (pod 0.25 s) a malým úhlovým vychýlením kyčlí, kolen a kotníků. Jako příklad bychom mohli uvést vertikální skoky s maximálním úsilím. Dlouhý SSC zahrnuje delší svalové kontrakce a větší úhlové vychýlení daných kloubů. Příkladem může být hluboký dřep. Reflex svalového vřetenka souvisí s rychlým excentrickým protažením a přínos elastické energie je závislé na krátké časové periodě mezi změnou excentrické a koncentrické kontrakce. Excitace svalů je nižší, čím více se tranzitní čas mezi excentrickou a koncentrickou kontrakcí zvýší. Rychlý SSC má větší rychlost excentriky a kratší tranzitní periodu než pomalý SSC. Zvýšení aktivity pomalého SSC může být primárně způsobeno pomalou excentrickou fází, která dovoluje prodloužení času na vyvinutí síly. Pomalejší excentrická fáze a delší časy tranzice během excentrické a koncentrické kontrakce pozorované u aktivity pomalého SSC zpochybňují předpoklad, zda mechanismy jako reflex

svalového vřetenka, přínos elastické energie a potenciace mohou být tak aktivní v pomalém SSC jako během rychlého SSC. Předpokládá se, že pomalý a rychlý SSC mohou reprezentovat rozdílné modely svalové akce, jež závisí na rozdílných biomechanických mechanismech, které mohou ovlivnit výkon a to různými způsoby. Tato hypotéza může mít přínos pro kondiční a silové trenéry. Rozdílné cviky nebo styl, kterým je cvik proveden, může vyvolat rozdílné mechanismy SSC. Trénování pomalé SSC aktivity nemusí být tak přínosné pro atlety, kteří primárně spoléhají na rychlý SSC v jejich sportech a naopak. Při dodržení principů specificity, musí být provedena opatrná úvaha pro výběr typu tréninku, který by obsahoval náležitou SSC akci pro atletovy specifické potřeby (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008).

2.3.3 Hodnocení cyklu natažení a zkrácení

Aktivita SSC se dá objektivizovat pomocí vyhodnocení LS a RSI. Tyto dvě hodnoty vypovídají o výkonu daného jedince. Je však nutné pochopit, jak se nervová regulace těchto parametrů s věkem mění. S vyšším věkem narůstají hodnoty LS a RSI, a to pravděpodobně díky vyššímu rozvoji síly, zvětšení Golgiho šlachového tělíska a vývoji intrafuzálních vláken (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Oba tyto testy požadují od jedince vysokou úroveň koordinace, jelikož k sub-maximálním a maximálním skokům je potřeba komplexního cyklického využití pre-aktivace svalu, myotatického reflexu a elastické energie (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2011).

Testování slouží především k monitorování tréninkového pokroku a jako motivační nástroj pro sportovce (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008).

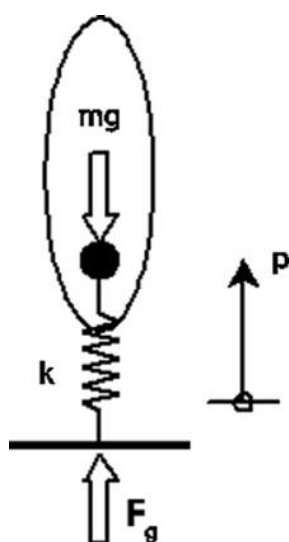
2.4 TUHOST DOLNÍCH KONČETIN

Lidské tělo je obvykle popisováno modelem pružiny (Obrázek 1), která má schopnost ukládat a uvolňovat energii díky šlacho-svalovému aparátu. Toto mechanické zjednodušení chování lidského těla jako pružiny je popisováno pro dopad nebo cyklický pohyb během lokomoce (např. chůze, běh, skákání) (Hébert-Losier & Eriksson, 2014). Tento mechanismus je popisován na modelu obsahujícím pružinu, která tvoří oporu hmotě těla (Hobara & Inoue, 2010). Během stojné fáze je DK nejprve ve fázi komprese, která zajistí uložení elastické energie v systému. Ta může být později použita

jako mechanická energie během následné fáze odrazu DK od podložky. Nejprve je tedy energie uložena, aby mohla být následně využita (Hobara et al., 2008; Kuitunen, Ogiso, & Komi, 2010).

V tomto modelu je tuhost (pružiny) DKK definována jako poměr maximální síly vyvinuté na podložku k maximální kompresi DKK v polovině stojné fáze (Hobara & Inoue, 2010). Tento poměr a výsledek se však výrazně mění v závislosti na pokynu. LS se zvyšuje při zvýšení skoků nebo jejich frekvence (Hobara, Kanosue, & Suzuki, 2007).

Výzkum však ukazuje určité limity pružinového modelu (zjednodušení celkového komplexu koordinace muskuloskeletálního aparátu a nervového systému) v rámci jeho aplikování na lidský pohyb (Hébert-Losier, & Eriksson, 2014).



Obrázek 1. Mechanický model pro lidské tělo při kontaktu s podložkou během skoku (Hébert-Losier & Eriksson, 2014)

Vysvětlivky: m – hmotnost těla, mg – gravitační síla, F_g – reakční síla podložky, p – místo COM s vektorem, k – tuhost pružiny

Mechanicky je SSC popisováno jako LS, která zahrnuje mechanismus znovu využití elastické energie, nervový potenciál a přínos napínacího reflexu (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Charakteristiky LS, popisující schopnost šlacho-svalového systému zachovat a uvolnit energii během kontaktu s podložkou, budou z velké míry udávat individuální schopnost

odrazu (Oliver & Smith, 2010). Tuhost kloubů je ovlivňována ko-kontrakcí antagonistických svalů (Hobara & Kimura, 2010).

K popisu pružinového mechanismu tvoří LS klíčový parametr analýzy dat a je spojen s poměrem mezi silou a jejím korespondujícím vektorem. Tuhost je tímto opakem flexibility (Hébert-Losier & Eriksson, 2014). LS ukazuje na charakter systému odolávat jakékoliv změně v délce pružinového mechanismu, která je způsobena silou na ní aplikovanou (Kuitunen, Ogiso, & Komi, 2010).

Únava je významný faktor ovlivňující SSC a snižující dynamickou stabilitu kloubů a LS. Díky snížení hodnot LS únavou, je ovlivněna nervosvalová kontrola kloubu, a tím zvýšené riziko zranění (De Ste Croix, Hughes, Lloyd, Oliver, & Read, 2017). Padua et al. (2006) ve svém výzkumu však uvádí paradoxní nárůst hodnot LS po vyčerpání.

2.4.1 Vztah tuhosti dolních končetin ke kloubům a svalům

Pochopení LS během pohybu těla může poskytnout důležité informace pro vytvoření efektivnějších tréninkových metod v rámci sportovních aktivit. Bylo prokázáno, že LS během submaximálního skoku je dána především tuhostí kotníků. Jak je LS regulována během maximálních skoků není stále jasné. Během maximálních skoků je LS ovlivněna oblastí kolene mnohem více než kotníky a kyčlemi. Tuhost kolenních kloubů jako jediná silně koreluje s LS (Hobara et al., 2009).

Tuhost kotníku je dána především elastickými vlastnostmi plantárních flexorů. Chování kolene je podstatné pro regulaci výkonu během doskoku, jelikož během tohoto pohybu hraje hlavní roli excentrická funkce extenzorů kolene. Vyšší rozsah pohybu v koleni může ovlivnit výšku skoku, a to díky vyšší vyvinuté energii (mechanická síla) extenzorů kolene. Svaly okolo kolenního kloubu mají morfologicky delší svalová vlákna, větší objem i příčný průřez. Tyto charakteristiky se zdají být užitečné k větší produkci síly během maximálního skoku v koleni, než v kotníku a kyčli. Tuhost v oblasti kolene je hlavní determinant LS během běhu, sprintu a také během maximálního skákání. Pokud je při daném sportu potřeba těchto tří aktivit, je vhodné pro lepší výkon zaměřit se v tréninku více na extenzorový aparát kolene než na m. triceps surae (Hobara et al., 2009).

Lidé a zvířata mají určitý systém pro kontrolu LS. Jeho nervový podklad však zůstává rozporuplný. Dříve bylo předpokládáno, že změna LS během pohybu je spojená se změnami v ko-kontrakci antagonistických svalů kotníku. Modulace míry ko-kontrakce může být ekonomická strategie pro změnu LS. Výzkum ale dokázal, že při skocích dochází k inhibici m. tibialis anterior a k vyšší aktivitě m. triceps surae, tudíž dochází spíše než ke ko-kontrakci k reciproční inhibici. K testování svalů kotníku a minimalizaci svalů kolene se doporučuje během testování nekrčit kolena, ale skákat s nataženými DKK. Tak proband nemá jinou možnost než používat právě svaly v oblasti kotníku. Pokud probandovi dáme pokyn, aby zkrátil kontaktní čas s podložkou, zvýší se tím aktivita m. triceps surae. Zvýšení napínacího reflexu může nastat díky modulaci γ -aktivity nebo jednoduše změnou excitability neuronu. Aktivita m. tibialis anterior pravděpodobně nemá velký vliv na LS během skákání (Hobara, Kanosue, & Suzuki, 2007).

Hébert-Losier a Eriksson (2014) tvrdí, že v současnosti neexistuje žádná studie, která by s jistotou určila spojitost LS pouze s určitým kloubem. Neměli bychom tedy hodnoty LS vztahovat na konkrétní kloub.

2.4.2 Frekvence skoků a tuhost dolních končetin

LS roste během skákání při vyšších frekvencích (Kuitunen, Ogiso, & Komi, 2010). Při frekvenci skoků o 1.5 Hz nebyl prokázán žádný výrazný rozdíl v relativní LS mezi chlapci a muži, proto se tento parametr zdá být univerzální pro různé věkové kategorie. Při zvýšení frekvence vykazují muži kratší kontaktní časy s podložkou, delší časy letu a větší relativní LS. Při nižších frekvencích chlapci a muži vykazují podobnou strategii pro kontrolu skoků. Pokud je ale frekvence zvýšena, muži jsou schopni zvýšit feedforward a zefektivnit svalovou aktivitu ke skoku. Zvýšení frekvence skoků vede k vyšší LS a rozdílné aktivaci svalů (Oliver & Smith, 2010). Tuhost v oblasti kolene a kyčle je vyšší při vyšších frekvencích (3 Hz), tuhost kotníku zůstává při různých frekvencích téměř neměnná. To znamená, že tělo reaguje na různé frekvence skákání změnou tuhosti v oblasti kolene a kyčle. Tohoto je dosaženo extenzí kloubů raději než změnou nervové aktivity. Čím vyšší frekvence skákání, tím kratší kontaktní čas s podložkou. Při nižší frekvenci je čas letu delší (Hobara & Kimura, 2010). Později byla ovšem nejvhodnější

frekvence skoků stanovena na 2.5 Hz, jelikož při této frekvenci se lidské tělo nejvíce přibližuje chování pružinového modelu. Hodnota LS se dá pro jednotlivce normalizovat relativně k délce DKK a hmotnosti těla (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Hobara et al. (2008) však tvrdí, že při frekvencích skoků mezi 1.66-3.33 Hz byl prokázán napínací reflex pouze minimálně.

2.4.3 Měření tuhosti dolních končetin

LS je definována jako poměr maximální reaktivní síly vyvinuté na podložku k maximální kompresi DKK v polovině stojné fáze. Ke zvýšení výsledných hodnot dochází se zvýšením výšky skoku (Hobara et al., 2009). Hodnoty LS by měly být vždy doprovázeny detailním popisem metody vyhodnocení, jelikož různé metody výpočtu ovlivňují výsledné hodnoty (Hébert-Losier & Eriksson, 2014).

Při samotném měření je důležité dbát na co nejkratší kontaktní čas s podložkou. Hobara, Kanosue a Suzuki (2007) prokázali vyšší naměřenou LS u probandů kteří byli instruováni k co nejkratšímu kontaktnímu času. Pokud skákali při jimi preferovaném kontaktním času, měli LS daleko nižší.

Absolutní LS postupně narůstá s věkem. Pokud jsou však hodnoty normalizovány k hmotnosti těla jako relativní LS, rozdíl mezi věkovými skupinami se stírají (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016).

2.4.4 Rozdíl tuhosti dolních končetin u dětí a dospělých

Změnu kontrakcí při doskoku má pravděpodobně na starost supraspinální kontrola, která je u chlapců pomalejší. LS je u mužů regulována před-programovanými pokyny. Dospělí mají kvalitnější šlacho-svalové spojení, které redukuje stres během změny sil. Chlapci jsou spíše závislí na volní svalové aktivitě ke kompenzaci nedostatečné feedforward aktivity. Děti mají méně vyvinuté elastické komponenty a méně pevné šlacho-svalové struktury. V dětství dochází k vývoji vnitřních svalových charakteristik, zvýšení šlacho-svalové tuhosti, zrychlení záškubu svalového vlákna, a snížení velikosti a počtu Golgiho šlachových tělísek S růstem u nich probíhá prodlužování délky svalů, což může zhoršit schopnost změny sil a tím se může protáhnout odezva napínacího reflexu. V aktivitách zahrnujících SSC (běh,

skok, sprint) je výkon u dětí nižší než u dospělých. Většina studií se zabývá nervovou regulací LS u dospělých, mnohem méně je toho známo o strategiích nervové kontroly u dětí a adolescentů (Oliver & Smith, 2010). S věkem se také zlepšuje senzitivita svalového vřetenka a nervová regulace LS. Dospělí dokáží lépe využít feedforward aktivitu svalů během skoku s větší relativní LS než je tomu u mladších jedinců (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Všechny tyto vlastnosti mohou ovlivňovat regulaci LS. Skákání vykazuje podobné aspekty nervové kontroly, preaktivace a ko-kontrakce u dětí a dospělých. Výzkum ukazuje, že feedforward je aktivní už před pubertou, zato faktory ovlivňující reflexní odezvu po doskoku se vyvíjí během dospívání. Pokud je nervová kontrola LS závislá na dospívání, může to pomoci vysvětlit některé lokomoční rozdíly a rozdílnou motorickou koordinaci u dětí (Oliver & Smith, 2010).

2.4.5 Význam tuhosti dolních končetin ve sportu

LS hraje významnou roli v muskulo-skeletálním výkonu a případném zranění, a během frekvence 2-2.2 Hz dokáže predikovat schopnost sprintu. LS je zvyšována jak silovým tak i vytrvalostním tréninkem. Tuzší svaly mají lepší schopnost zmírnit síly, které mají ničivý vliv na tkáň, a chrání ligamenta od toho, aby nesly plnou zodpovědnost za stabilitu kloubu. Porozumění LS může pomoci vyvinout více efektivní tréninkové metody a programy k prevenci poranění (Hobara, Kato, Kobayashi, & Ogata, 2012). Hodnoty LS u dívek a chlapců se v době dospívání zásadně liší. U chlapců postupem času rostou hodnoty LS výrazně rychleji než u dívek, a tím je předčí (Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo, 2016).

Při měření sportovců Hobara et al. (2008) prokázali, že sprinteři mají daleko vyšší LS než atleti trénovaní na vytrvalost. Atleti se silovým tréninkem vykazovali kratší kontaktní časy s podložkou a delší časy letu, tedy skákali výše. Běžci na dlouhé tratě však vykazovali vyšší aktivitu EMG měřených svalů na DKK. Sprinteři mají vyšší tuhost šlachy a aponeurózy m. triceps surae. Je prokázáno, že pomalá vlákna mají vyšší dynamickou tuhost než rychlá vlákna. Atleti s vytrvalostním tréninkem mají více pomalých vláken. Rozdíly v tuhosti kloubů by měly být přikládány vnitřní tuhosti šlach a/nebo aponeuróz raději než tuhosti svalů.

Porozumění LS je důležité pro vyhodnocení sportovního výkonu a prevenci poranění. Sportovci vykazují daleko vyšší hodnoty než netrénovaní jedinci. Vyšší LS oproti vytrvalostním sportovcům mají sportovci se silovým tréninkem. Trénovaní jedinci vykazují kratší kontaktní časy s podložkou a delší časy letu. Tyto výsledky úplně nesouhlasí s typy svalových vláken. Je známo, že červená vlákna (typ I, pomalá oxidativní) mají vyšší dynamickou tuhost než bílá svalová vlákna (typ II B, rychlá glykolytická) (Hobara & Kimura, 2010). Regulace LS může hrát významnou roli v optimalizaci lidské lokomoce. LS je především zvyšována rychlým během a frekvencí kroků. Čím větší je LS, tím jsou menší nároky na energii jak při sprintu, tak i vytrvalostním běhu (Hobara et al., 2008).

Zvýšení LS může vést k zvýšení/žádné změně/snížení výkonu během skákání (Kuitunen, Ogiso, & Komi, 2010). Je třeba mít dostatečnou úroveň LS k optimalizaci využití SSC a minimalizaci rizika jednorázového muskuloskeletálního poranění nebo opakovaného zranění. Vyšší LS je asociovaná s vyšším rizikem poranění kostí. Oproti tomu nízké hodnoty jsou asociovány s vyšší náchylností poranění měkkých tkání. Vhodná hodnota LS pro výkon a prevenci poranění zatím nebyla stanovena a je závislá na individuálních charakteristikách sportovce (př. pohlaví, věk, etnická příslušnost, trénink) (Hébert-Losier a Eriksson, 2014).

Podle Zemkové a Hamara (2018) není u pre-adolescentů schopnost vyvinout sílu během vertikálních skoků spojená s LS. To zdůvodňují vyšším namáháním pasivních struktur kloubů, jelikož v tomto věku děti ještě nejsou schopné plně využít aktivního zpevnění segmentu díky ko-aktivaci antagonistů. To má za následek nižší intersegmentální kontrolu.

2.5 REAKČNÍ SILOVÝ INDEX

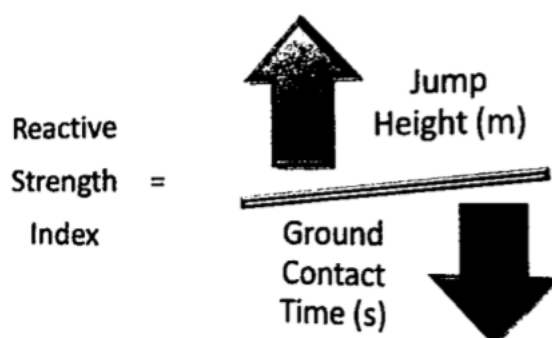
RSI byl vytvořen pro hodnocení výbušné síly. Schopnost vyvinout maximální sílu za minimum času je schopnost vyžadovaná v mnoha sportech (Ebben & Petushek, 2010). Pro hodnocení RSI je nutný prvotní odraz od podložky (Oliver & Smith, 2010). Hodnota RSI roste s věkem (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008). Změny ve strategii skákání, které vedou ke změnám (nebo případně zachování) výšky skoku, vypovídají o alteracích

neuromuskulárních funkcí, jmenovitě o superkompenzaci nebo únavě (McMahon, Lake, & Comfort, 2018).

2.5.1 Měření reakčního silového indexu

Hodnoty RSI (poměr výška skoku a délka kontaktního času) a poměr bezkontaktní fáze k fázi kontaktní mají mezi sebou úzký vztah. Z tohoto důvodu není nutné vypočítávat obě tyto hodnoty, ale pro monitorování výsledků jedince stačí vybrat pouze jednu rovnici. Ve většině výzkumů je pro hodnocení neuromuskulární únavy využíván poměr fáze letu k fázi kontaktu (McMahon, Lake, & Comfort, 2018). Měření probíhá během maximálních skoků (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Ze vzorce vyplývá (Obrázek 2), že hodnota RSI může být vyšší s vyšším skokem nebo zkrácením kontaktního času nebo oboje zároveň (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008).

$$\text{RSI} = \text{výška skoku (m)} / \text{kontaktní čas s podložkou (s)}$$



Obrázek 2. Závislost hodnoty RSI na výšce skoku a kontaktním času s podložkou (Flanagan, Eamonn & Comyns, 2008)

Moderní podložky automaticky vypočítávají výšku každého skoku, jinak se dá výška skoku vypočítat z délky fáze letu. Specifické verbální instrukce mohou pozitivně přispět k výkonu. Slovní instrukce „Skákej vysoko a trochu rychleji než tvůj předchozí skok.“ má za následek kratší kontaktní časy než „Skákej jak jen to jde vysoko.“. Je potřeba během měření i tréninku plyometrie zmínit „maximální výška skoku“ a „minimální kontakt s podložkou“. Probandi si mohou představit, že je podložka jako horká plotna a nohy jsou jako tuhá pružina. Kontaktní časy mohou být měřeny

na kontaktních podložkách nebo mohou být využity silové plošiny (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008). V minulosti byly jak pro hodnocení RSI, tak i pro LS používány velmi drahé přístroje, u kterých analýza dat zabírala mnoho času. V dnešní době však existují naštěstí alternativní metody měření, které vykazují vysokou reliabilitu, přenosnost zařízení a jednoduchost administrace (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009).

RSI dá vypočítat opakovanými vertikálními skoky na podložce. Jindy je testování provedeno seskokem z bedny. Mezi těmito různými provedeními existuje malá závislost. Výpočet z opakovaných skoků na podložce je vhodný u sportovců, kteří využívají v rámci svých dovedností právě odrazy od podložky. Tím je zajištěna větší specifita nežli při skocích z bedny (Zemková, & Hamar, 2018). Vyšších skoků je většinou dosaženo, pokud sportovec při testování může jít do pokrčených kolen při doskoku. Záleží však, jaký styl skákání sportovec preferuje při trénincích a který z nich má natrénovaný a osvojený více (Zemková, & Hamar, 2018).

2.5.2 Význam reakčního silového indexu ve sportu

RSI se využívá pro hodnocení SSC nebo plyometrie. Hodnota RSI byla vyvinuta jako jeden z komponentů „Strength Qualities Assessment Test“ na Australian Institute of Sport. RSI je považován jako hodnota určující výbušnost, což je schopnost vyvinout maximální sílu v minimálním čase. RSI je také popisován jako jednoduchý nástroj pro stanovení namáhání šlachosvalového komplexu. V rámci hodnocení kontaktního času s podložkou je tento čas důležitý pro stanovení typu SSC (pomalý nebo rychlý). Na základě principu specifity záleží na tom, jaký sport atlet vykonává nebo v jakém ohledu se chce zlepšit. Na to poté navazuje způsob, kterým je plyometrické cvičení provedeno. Atleti, jejichž cílem je zvýšit maximální skok (pomalý SSC), mohou těžit z delších kontaktních časů, které jim dovolí vyvinout maximální sílu a maximální výšku skoku. Naopak atleti, kteří chtějí zvýšit rychlost sprintu, který je primárně složen z rychlého SSC, potřebují kratší kontaktní časy. Důležité jsou instrukce zadané atletovi pro měření, podle kterých je částečně schopen měnit jednotlivé hodnoty. Trenérům, kteří nemají k dispozici žádné zařízení pro měření kontaktních časů, může pomoci pouhá aspekce. Dlouhé kontaktní časy mohou pozorovat u atletů, kteří nejsou schopni

doskočit pouze na špičky, ale při skoku se dotknou celou plochou nohy včetně paty. Krátké kontaktní časy jsou zase typické u atletů, kteří doskakují na špičky a mají DKK během skoku zpevněné s minimální flexí v kolenou a kyčlích. Výška skoku charakterizuje schopnost vyprodukovat sílu. Pokud se při testování zaměříme pouze na jednu z hodnot, buď kontaktní čas, nebo výšku skoku, musíme brát v potaz, že tato hodnota se může zlepšit v závislosti na pokynu a to na úkor druhé hodnoty. Pokud zkoumáme například pouze výšku skoku, s pokynem, aby atlet skákal ještě výše, může se výška skoku zlepšit, ale pravděpodobně se prodlouží kontaktní čas s podložkou. Z tohoto důvodu je lepší, pokud jsou vždy měřeny obě hodnoty (Flanagan, Eamonn, & Commyns, 2008).

Dalším benefitem stanovení RSI je schopnost optimalizovat výšku ze které mohou být plyometrické výskoky ze seskoku z výšky vykonávány, a to jak z hlediska výkonu jedince, tak i prevence poranění. Můžeme mezi sebou porovnat hodnoty RSI v závislosti na výšce seskoku z bedny. Kritického bodu může být dosaženo, pokud je síla směrem dolů příliš velká a atletovi bude chybět potřebná síla k překonání excentrického zatížení a efektivního přenosu na silnou koncentrickou fázi. Svalové napětí potřebné k překonání zvýšené síly směrem dolů se přiblíží hranici, která by mohla potencionálně poškodit šlacho-svalový komplex, Golgiho tělísko může být aktivováno a může inhibovat kontrakci (Flanagan, Eamonn, & Commyns, 2008). U trénovaného atleta se tento kritický práh vyskytuje při seskoku z výšky 50cm. Při tomto skoku atlet již dále nemůže zůstat na špičkách během skákání, paty se dotknou země při doskoku, kontaktní čas s podložkou při přechodu z excentrické fáze do koncentrické se prodlouží kvůli nutnosti absorbovat velké excentrické zatížení. Tímto může klesnout výška skoku i RSI. Dopad není při této výšce seskoku optimální, proband nevyvine odpovídající výšku následného skoku při délce kontaktní fáze. Tímto tyto skoky nemůžeme pokládat za explozivní. Seskok z tak velké výšky zvyšuje riziko poranění. Plyometrie je známa pro potencionální risk poranění, jelikož je během ní nutno vygenerovat velkou sílu. Tyto působící síly jsou potencionálně nebezpečné, protože se paty při doskoku dotýkají země a na hlezno, koleno a kyčel jsou vyvíjeny nesmírné reakční síly. Tyto síly mohou poranit pasivní struktury

šlacho-svalového systému (Flanagan, Eamonn, & Commyns, 2008). Netrénovaní jedinci mají tendenci mít nižší RSI při různých výškách seskoku. Hodnocení také může pomoci trenérům určit, zda u některých atletů není reakční síla nedostačující. Atlety mohou výsledky měření navíc motivovat k lepším výkonům (Flanagan, Eamonn, & Commyns, 2008). Důležité pro sportovce v rámci prevence poranění je jejich testování v průběhu herní sezóny. Špatná fyzická kondice u mladých sportovců je rizikovým faktorem vedoucím ke zranění. Nejdůležitější je testování před sezónou, které může odhalit predispozice sportovce, na které se později mohou zaměřit jejich trenéři a také rodiče. Hodnocení RSI může včas odhalit riziko poranění především LCA, které se vyskytuje ve sportu velmi často a má pro sportovce dalekosáhlé následky (Raschner et al., 2012).

Pro zlepšení schopností atleta v rámci SSC je často používaným tréninkovým prostředkem plyometrické cvičení. Toto je název používaný pro popis rychlých pohybů, které využívají před-protažení nebo protipohyb, který zahrnuje SSC. Plyometrie je využívána především v silovém a rychlostním tréninku. Specifické cviky mohou být využity pro trénink pomalého nebo rychlého SSC. Vhodný plyometrický tréninkový program dokáže pomoci k zlepšení vykonané síly, hbitosti, kapacity běhu i ekonomičnosti pohybu (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008). Plyometrické cviky zvyšují tuhost šlach a zajišťují rychlejší a efektivnější přenos energie ze svalu na kost. To může výrazně zlepšit fyzickou zdatnost jedince (Ramirez-Camillo et al., 2018).

V této době však není zcela jasné, kdy je vhodné v dětském věku zařadit plyometrii do tréninku k zefektivnění sportovního výkonu a SSC (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2011). Tak jako každý trénink, tak i plyometrie by se měla stupňovat od lehkého po těžší trénink, přičemž byl navržen tréninkový plán o čtyřech krocích. Prvním je zaměření se na excentrickou fázi skoku. Zde je kladen důraz na mechanismus doskoku při skocích o nízké intenzitě. Jedinec se snaží doskakovat co nejvíce tiše, s minimální flexí v kotnících, kolenou a kyčlích při doskoku (jako by jeho nohy byly „zmrzlé“). Druhý krok učí atleta minimalizovat kontaktní čas s podložkou. Při doskoku by měly dolní končetiny reagovat jako pružina

a odrazit se s minimálním časovým kontaktem s podložkou. Tohoto je dosaženo díky plyometrii o nízké intenzitě a vysoké rychlosti jako např. skoky v kotnících a skipping. Toto může být prováděno bez dotyku paty o podložku, tedy pouze na špičkách. Dalším krokem jsou skoky přes nízké překážky, taktéž s co nejkratším kontaktním časem s podložkou. Posledním krokem jsou skoky na vysokou překážku, kde se nezaměřujeme pouze na krátký kontaktní čas, ale také na co nejvyšší skok (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008).

2.6 PREVENCE ZRANĚNÍ

Basketbal je sport, ve kterém je mnoho explozivních pohybů. Z tohoto důvodu potřebují basketbalisté pro efektivní výkon adekvátní sílu DKK. Výskok po doskoku se dá provést se zaměřením na zkrácení kontaktního času s podložkou, což vede ke zvýšení výkonu DKK. Další možné provedení je se zaměřením na výšku skoku, což se provádí pro nácvik vysokých skoků a koordinaci. Obě tyto techniky se také dají kombinovat k tréninku co nejvyššího skoku s co nejkratším kontaktním časem s podložkou. Čím více je do tréninku zařazeno plyometrické cvičení, tím by se měla hodnota RSI zvýšit (Struzik, Juras, Pietraszewski, & Rokita, 2016).

Werstein a Lund (2012) porovnávali, jakým způsobem může být ovlivněno RSI u trénovaných žen. Některé hráčky absolvovaly pouze 10minutové rozehrátí na rotopedu, další skupina také rotoped spolu se statickým protahováním a poslední skupina používala rotoped společně s dynamickým protahováním. Po tomto zahřátí ihned následovalo měření RSI. Hodnoty RSI a fáze letu byly největší u skupiny žen, které absolvovaly zároveň 10minutové zahřátí na rotopedu a dynamické protažení. Tento výzkum potvrdil preferenci dynamického protažení pro zahřátí a rozcvičení se před tréninkem. V praxi se před sportovním výkonem u běžné populace i sportovců využívá spíše protažení statické. Ten by však měl být využíván především k prevenci pozátěžové svalové bolesti (delayed onset muscle soreness) a ke zvýšení rozsahu pohybu kloubů, a to díky momentální vyšší teplotě organismu. Statické protahování je však irelevantní jako prevence zranění před tréninkem. Mnohem větší efekt má po pohybové aktivitě. Je-li statický stretching použit před pohybovou aktivitou, může naopak snížit následný výkon, a to díky vlivu na SSC – snížení svalové tuhosti a také nervové aktivace. Vyšší teplota svalů

vede k rychlejší odpovědi, což má za následek rychlejší aktivaci svalů a větší výkon. To může vysvětlovat lepší výsledky dynamického stretchingu.

Poranění vazů v oblasti kotníku sice není tak závažné z hlediska času dočasně ztraceného ve sportu, na druhou stranu prevenci tohoto poranění není vhodné podceňovat. Musíme brát v potaz zvýšené riziko vracejícího se lokálního poranění vazů, často k tomu doprovodné zranění talu a poškození mm. peronei. K výše uvedenému se pak dále pojí možné rozvinutí chronické instability kotníku s následným vznikem osteoartrózy. Poranění LCA může vést ke sledu událostí zahrnujících gonartrózu a operace kolenního kloubu. Prevence se v mnoha ohledech liší. Někteří trenéři preferují neuromuskulární trénink, jiní spoléhají na vnější podporu (př. tejpování, ortézy, obuv), přičemž oba tyto způsoby prevence slibují určité snížení rizika poranění DKK spojených s basketbalem. Většina programů pro prevenci poranění jsou využívána univerzálně pro různé sporty, což je škodlivé, neboť tyto metody by měly být specifické pro každý daný sport. Toto může být jeden z důvodů, proč ve sportu přibývá zranění čím dál více (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Hegedus, 2015). V rámci preventivních opatření doporučených pro mladé hráče basketbalu radíme (Harmer, 2005):

- rozvíjení základních motorických dovedností u nových hráčů,
- modifikace tréninku v rámci úrovně hráčů (např. velikost hřiště a míče, počet hráčů),
- zkrácení doby tělesné výchovy ve školách na úkor lepšího vysvětlení instrukcí a supervize,
- co nejlepší vzdělání celého realizačního týmu,
- edukace rodičů a hráčů o možnosti využití chráničů úst nebo očí,
- ověření, že hráči zvládají všechny potřebné dovednosti pro hru,
- absolvování kurzu první pomoci trenérem,
- správně vytvořený rehabilitační plán pro poraněné hráče,
- zařazení testů hodnotících různé aspekty hráčů potřebné k zahájení sezóny,
- zařazení vhodných kondičních programů (síla, hbitost, ohebnost),
- zařazení tréninku stabilizace a propriocepce v oblasti kotníku,

- včlenění dynamického neuromuskulárního tréninku pro prevenci poranění LCA (především u žen).

Je lepší prevence poranění než následné řešení zranění. Z tohoto důvodu by měl být výzkum programů zabývajících se prevencí poranění na prvním místě. Studie, zahrnující vedle fyzických faktorů také psychické, neměly moc velký úspěch (Harmer, 2005).

Na poranění DKK je však potřeba dívat se komplexně. Některá poranění jsou často spojena s biomechanickými faktory kloubů DKK, neuromuskulární kontrolou osového orgánu a anatomickými predispozicemi. Poranění zahrnují vícero kloubů a mechanismů. Pokud se budeme snažit vyřešit určitý rizikový faktor pro jednu patologii, může toto rozhodnutí vést k rozvinutí rizikového faktoru pro patologii jinou. Například snížením addukce a vnitřní rotace v kyčelním kloubu posilováním extenzorů se zevními rotátory kyčle při prevenci poranění LCA, můžeme zvýšit riziko patelofemorálního syndromu. Druhým příkladem může být použití ortézy kotníku pro lepší stabilitu v oblasti hlezenního kloubu. Ta může vést ke zvýšenému zatížení ostatních kloubů DKK, které jsou poté náchylnější k poranění (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Hegedus, 2015).

Co se týče prevence poranění kotníků, ve většině případů se trénink zaměřuje na statický a dynamický balanční program, který se osvědčuje i v mnoho dalších multidirekcionálních sportech (volejbal, fotbal). V rámci basketbalu jsou zavedeny boty s vyvýšením až nad kotníky, které by měly částečně napomáhat stabilitě kotníku, a to díky snížení rozsahu pohybu do inverze a zvýšení aktivace svalů a jejich excitability. Dlouhodobé používání kotníkových ortéz může být však kontraproduktivní. Lze očekávat oslabení okolních svalů a/nebo ztrátu schopnosti reagovat na vychýlení, což následně vede ke zvýšení rizika poranění. V současné době neexistuje žádná studie, která by se zaměřovala na využití tejpů k prevenci poranění kotníků u basketbalistů. Nestává se často, že by byl kotník poraněn pouze jednou. Většinou se jedná o opakující se poranění, jelikož výskyt zranění kotníku vede až k pětinasobnému riziku opětovného úrazu. Mnohem efektivnější se zdá být až sekundární prevence (k redukci rizika opakovaného poranění). Zranění kotníku typicky vede ke snížení stability, síly a prodloužení reakčních časů mm. peronei (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Hegedus, 2015).

Výzkumy pro prevenci poranění LCA v basketbalu jsou známy pouze u ženské populace, přičemž žádný z těchto programů nebyl považován za úspěšný. Prevence tohoto poranění byla u ženské populace prokázána pouze u jiných multidirekcionálních sportů (fotbal, volejbal, házená). V basketbalu mohou být tyto programy neúspěšné z důvodu častějších skoků, doskoků na jedné i obou DKK a pohybu ve frontální rovině. Basketbal vykazuje vyšší vertikální reakční sílu podložky za krátký čas během doskoku a vyšší hodnoty valgozity kolene během aktivit na jedné DK než je tomu ve fotbale. Preventivní programy se však málo zaměřují právě na pohyb ve frontální rovině a aktivity na jedné DK. Místo toho využívají mnoho cviků na obou DKK a především v sagitální rovině (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Hegedus, 2015).

2.7 SHRnutí PROBLEMATIKY

Basketbal je kontaktní sport, který se odehrává především ve frontální rovině (Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Heghes, 2015). Herní sezóna tohoto sportu patří mezi jednu z nejdelších. Vysoké požadavky trenérů a fyzický stres se během sezóny sčítají, což může mít díky akumulované únavě za následek snížený výkon a/nebo zranění. Monitorování tréninkového zatížení a únavy umožňuje zhodnotit, jak konkrétní sportovec reaguje na tréninkovou dávku, soutěžní zatížení a další stresory (Edwards et al., 2018).

Většina zranění se stane na konci zápasu, což souvisí s akumulací únavy. Ta ovlivňuje propriocepci kloubů, a tím zpracování informace vyššími centry o postižené části. Únava výrazně ovlivňuje RSI, který svědčí o schopnosti přeměny excentrické kontrakce na koncentrickou, a také ovlivňuje LS, která vypovídá o schopnosti svalů zpevnit daný segment těla. Hodnocení těchto dvou parametrů u sportovců může sloužit ke snížení počtu zranění v týmových sportech (Lehnert et al., 2018). Je v zájmu sportovců i trenérů minimalizovat riziko zranění a současně zlepšovat výkon (Harmer, 2005). Včasná identifikace a následné řešení únavy může pomoci v rámci prevence zranění a zlepšení výkonu (Edwards et al., 2018).

Existuje pouze málo studií, které by se věnovaly změnám, které se dějí ve svalovém aparátu při vystavení únavě sportovce. Ještě méně se pak výzkum soustředí na děti a adolescenty, a také na ženské pohlaví (Lehnert et al., 2018).

Chybí dostatek studií, které by monitorovaly hráče dlouhodobě a sledovaly u nich vliv únavy (Edwards et al., 2018). Neexistují žádná data, která by hodnotily vliv akumulované únavy během soutěžní sezóny na riziko zranění u mladých hráčů basketbalu.

3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE

3.1 CÍL PRÁCE

Cílem bylo zjistit u basketbalistů kategorií U14 a U16, zda se v průběhu soutěžního období mění tuhost dolních končetin a reakční silový index, a to jako indikátor svalové únavy.

Dílčí cíl 1: Porovnat v průběhu soutěžního období tuhost dolních končetin a reakční silový index u adolescentních hráčů basketbalu mezi kategoriemi U14 a U16.

Dílčí cíl 2: Porovnat mezi hráči basketbalu nižší a vyšší úrovně obou kategorií v průběhu soutěžního období tuhost dolních končetin a reakční silový index.

3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY

VO 1: Jak se budou v průběhu soutěžního období měnit parametry sledovaných indikátorů únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů basketbalu v kategorii U14?

VO 2: Jak se budou v průběhu soutěžního období měnit parametry sledovaných indikátorů únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů basketbalu v kategorii U16?

VO 3: Bude se lišit úroveň sledovaných indikátorů svalové únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů basketbalu v kategoriích U14 a U16?

VO 4: Bude se lišit úroveň sledovaných indikátorů svalové únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů nižší a vyšší úrovně kategorie U14?

VO 5: Bude se lišit úroveň sledovaných indikátorů svalové únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů nižší a vyšší úrovně kategorie U16?

4 METODIKA MĚŘENÍ

Tato studie byla schválena lokální etickou komisí (Příloha 1.). Před zahájením výzkumu byli hráči informováni o účelu měření a podepsali písemný informovaný souhlas (Příloha 2.) v souladu s Helsinskou deklarací. Účast hráčů byla dobrovolná a výsledky měření byly využity pouze pro účel tohoto výzkumu.

4.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Výzkumu se zúčastnilo celkově 53 hráčů basketbalu mužského pohlaví. 5 probandů z výzkumu odstoupilo, jelikož se už nadále nechtěli tomuto sportu věnovat. Nikdo v průběhu výzkumu neodstoupil z důvodu zranění, výzkum tedy dokončilo 48 probandů a to v kategoriích U14 a U16 z klubů Olomouckého kraje (Tabulka 1). Tyto kategorie byly dále rozděleny na podkategorie hráčů vyšší úrovně z Prostějova (U14A n=13, U16A n=10) a nižší úrovně z Olomouce (U14B n=11, U16B n=14). Každý proband měl pro testování hned na začátku náhodně přiřazen kód ve formátu XBM14 a XBM16, kdy za X bylo dosazeno číslo. Pod tímto kódem byl hráč veden po celou dobu testování. Hráči byli vždy testováni ve svém tréninkovém prostředí na hale, kde byli zvyklí trénovat.

Tabulka 1. Základní parametry jednotlivých kategorií

Kategorie	Počet	Věk	Váha	Výška
U14	n=24	13,6±0,61 let	59,0±7,13 kg	172,2±8,16 cm
U16	n=24	15,8±0,62 let	72,7±9,51 kg	179,3±6,63 cm

Hráči úrovně U13A a U13B strávili týdně tréninkem průměrně 3x 90 min. U hráčů úrovně U15B to bylo za týden 3x 90 min a 2x 60 min tréninku. Hráči úrovně U15A trénovali týdně průměrně 4x 90 min a 2x 60 min. Týmy U13A a U15A strávily 18.62 % a 23.92 % času herním tréninkem, 15.67 % a 23.44 % tréninkem kondice, a 20.96 % a 23.92 % aktivní regenerací a rozcvičením. Týmy U13B a U15B strávily 16.95 % a 26.53 % času herním tréninkem, 13.71 % a 22.92 % tréninkem kondice, a 21.9 % a 16.77 % odpočinkem a zahříváním. Další podrobný záznam tréninkového zatížení jednotlivých skupin je uveden níže v Tabulce 2.

Tabulka 2. Tréninkové a soutěžní zatížení sledovaných skupin hráčů v průběhu sezóny (minuty)

	První polovina sezóny (17 týdnů)				Druhá polovina sezóny (18 týdnů)			
(minuty)	U13A	U13B	U15A	U15B	U13A	U13B	U15A	U15B
Utkání	1120	1120	2200	2200	1120	1120	2400	2400
Regenerace	0	0	0	510	0	0	0	540
Rozvičení	1020	1020	1190	1445	1080	1080	1200	1530
Kondice	825	950	1900	2160	950	1140	2050	2310
Síla	325	350	750	800	350	380	830	900
Rychlost a hbitost	500	600	1150	1360	600	720	1220	1410
Dovednost	1500	1450	1350	1550	1800	1650	1530	1630
Tréninková utkání	700	800	1950	1700	850	930	2150	1860
Nespecifický trénink	550	470	0	0	200	100	0	0
Aktivní regenerace	300	250	300	250	300	310	360	300
Celkem	6015	6060	8290	9215	6300	6330	9090	9970

Kritérii exkluze byla závažná poranění nebo bolesti DKK, které by mohly zásadně ovlivnit výsledky celého měření. Hráčům nebyly známy žádné kontraindikace, jež by při testování mohly jakkoliv zhoršit jejich zdravotní stav. Hráčům nebylo při měření dovoleno využití žádných obinadel, ortéz, tejpů a podobných pomůcek, které by mohly mít vliv na průběh testování ve smyslu zvýšení výkonu a tím i naměřených hodnot.

4.2 HARMONOGRAM MĚŘENÍ

Všichni účastníci výzkumu byli měřeni 3x během herní sezóny 2016/2017. První měření proběhlo 2 utkání před herní sezónou (v září). Druhé měření bylo uprostřed sezóny (v prosinci). Poslední měření proběhlo týden po posledním utkání sezóny (v dubnu). Hráči měli utkání v sobotu a v neděli každých 14 dnů. Všechny testy byly provedeny v pondělí po volném víkendu.

Pro upřesnění jednotlivých testů proběhla v tréninkové jednotce před prvním měřením (tedy na začátku sezony) familiarizace. Byla předvedena názorná ukázka dvou testů, které si probandi následně vyzkoušeli nanečisto,

dokud si dané provedení dostatečně neosvojili. Pohybový obsah všech testů byl poté zařazen vždy na závěr rozcvičení před měřením uprostřed a na konci herní sezóny.

4.3 POSTUP MĚŘENÍ

Před měřením se probandi 20 min zahřívali. Toto zahřívání bylo nespécifické, probíhalo podobně jako byli hráči zvyklí před tréninky a utkáními, a bylo kontrolováno. Obsahovalo běh vpřed a vzad, skipping a dynamický strečink (kyvadlové pohyby, ná kroky, výpady do různých stran, výskoky, dřepy,...), který byl zaměřen hlavně na DKK.

4.3.1 Test opakovaných submaximálních vertikálních skoků z místa

Tento test slouží k určení tuhosti DKK, a to jak absolutní, tak relativní.

Zařízení: dvouosá přenosná silová plošina PS-2142 (Pasco, Roseville, USA) s dřevěným rámem, metronom, notebook.

Průběh měření: Proband měl na nohou svou sportovní obuv. Test probíhal na přenosné silové plošině, která byla na začátku měření zkalibrovaná. Plošina byla propojena s notebookem, na který bylo měření zaznamenáno. Proband stoupl na plošinu na náš pokyn „Nastup si.“. Váhu měl rozloženou rovnoměrně na obou nohách. Po celou dobu testu měl obě ruce v bok, aby se snížilo ovlivnění testu horní polovinou těla. Snažil se skákat na místě, při doskoku mít co nejvíce extendované DKK (tj. kyčelní, kolenní i talokrurální kloub) a dívat se před sebe na fixní bod pro lepší stabilitu. Následoval naše pokyny „Připrav.“ a „Můžeš.“. Provedl 20 po sobě jdoucích submaximálních skoků o frekvenci 2.5 Hz (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009). Tato frekvence byla udržována mechanickým metronomem Wittner (GmbH & Co. KG, Isny, Germany) a byla stanovena pro zajištění typického pružinového modelu chování hmoty. Test byl proveden celkem 3x – poprvé na zkoušku, další 2 opakování byla měřena. Mezi opakováními měl každý proband 4minutovou pauzu. Probandi byli ve skupinkách po 3, přičemž celá skupina nejprve provedla první pokus, poté druhý, nakonec třetí.

Analýza dat: Pro analýzu testu byl použit pokus, ve kterém probandovy skoky lépe korespondovaly s frekvencí metronomu. Z vybraného pokusu bylo vybráno pouze 10 skoků, které nejlépe odpovídaly dané frekvenci metronomu

(Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009). Z kontaktních časů na plošině a časů letu byla poté vypočítána absolutní LS (v N.m⁻¹) podle následujícího vzorce (Dalleau, Belli, Viale, Lacour, & Bourdin, 2004):

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

Vysvětlivky: M – hmotnost, T_c – kontaktní čas (ms), T_f – čas letu (ms)

Tento výpočet a metodologie byly prokázány jako validní a spolehlivý způsob hodnocení daných parametrů pro děti a dorostence (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009). Relativní LS byla normalizována pro daného probanda, kdy byla brána v potaz jeho hmotnost a délka DKK (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Délka DKK byla měřena jako rozdíl mezi výškou stoje a sedu. Relativní LS byla vypočítána vydělením LS tělesnou hmotností a délkou DKK. Tato metoda byla prokázána jako platná a spolehlivá u mladých jedinců (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009).

4.3.2 Test maximálních vertikálních skoků z místa

Tento test slouží k určení RSI.

Zařízení: přenosná plošina Fitro jumper (Fitronic, Slovensko), notebook.

Průběh měření: Proband měl obutou svou sportovní obuv. Test probíhal na podložce, která byla pevně uchycena k podlaze. Podložka byla propojena s notebookem, na který bylo měření zaznamenáno. Proband stoupl na podložku na náš pokyn „Nastup si.“. Váhu měl rozloženou rovnoměrně na obou nohách. V průběhu testu si mohl při skoku pomoci souhybem horních končetin. Následovaly naše pokyny „Připrav.“ a „Můžeš.“. Proband byl instruován k 6 maximálně vysokým vertikálním skokům s minimálním kontaktním časem s podložkou (Dalleau, Belli, Viale, Lacour, & Bourdin, 2004). Po celou dobu se proband snažil co nejméně flektovat kolena. Po posledním skoku zůstal stát a na náš pokyn sestoupil z plošiny. Test byl proveden celkem 3x – poprvé pro zkoušku, další 2 opakování byla měřena. Mezi opakováními měl každý proband 2minutovou pauzu. Probandi byli

ve skupinkách po 3, přičemž celá skupina nejprve provedla první pokus, poté druhý, nakonec třetí.

Analýza dat: První skok sloužil jako impetus (popud) pro další skoky a nebyl započítán do měření. Druhý skok nebyl brán v úvahu. Výška skoku byla vypočítána podle rovnice (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008):

$$m = (g \times T_F^2)/8$$

Vysvětlivky: g – gravitace (9,81 m.s⁻¹), T_F – doba letu (s)

Z dat byl poté vypočítán RSI z rovnice podle Flanagan, Eamonna a Comynse (2008). Ze všech opakování (z každého opakování 3.-6. skok) byla pro další analýzu u každého probanda vybrána nejvyšší hodnota RSI. Toto měření vykazuje vysokou spolehlivost a platnost u mladých jedinců (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009).

4.4 STATISTICKÁ ANALÝZA DAT

Data byla statisticky analyzována s využitím softwaru Statistica, verze 13 (Stat Soft, Inc., Tulsa, USA). U všech sledovaných parametrů měření byla provedena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr jako M a směrodatná odchylka jako SD). Distribuce dat byla ověřena pomocí testu Shapiro-Wilks a Lilliefors. Analýza rozptylu pro opakované testování byla využita pro stanovení vlivu únavy na měřené charakteristiky RSI a LS. A dále byl využit post-hock test. Velikost účinku byla vyjádřena koeficientem ω^2 (omega squared). Statistická významnost všech výsledků byla stanovena na hladině 0,05.

5 VÝSLEDKY

5.1 REAKČNÍ SILOVÝ INDEX

Výsledky hodnot RSI během jednotlivých měření u všech kategorií jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 3. Hodnoty RSI během sezóny (průměrné hodnoty a směrodatné odchylky)

	Začátek sezóny	Uprostřed sezóny	Konec sezóny
U14+U16	1,33±0,27	1,33±0,26	1,44±0,33
U14A	1,23±0,22	1,20±0,19	1,23±0,17
U14B	1,26±0,30	1,23±0,17	1,34±0,29
U16A	1,47±0,33	1,48±0,25	1,61±0,28
U16B	1,40±0,21	1,41±0,32	1,53±0,28

Výsledky dvou faktorové ANOVY pro opakovaná měření ukázaly signifikantní rozdíly mezi hodnotami RSI na začátku, uprostřed a na konci sezóny ($F=4,48$, $p=0,014$, $\omega^2=0,15$). Post-hock test prokázal signifikantní rozdíl mezi začátkem a koncem sezóny jen u hráčů kategorie U16A ($p=0,019$) a U16B ($p=0,04$). Výsledky ANOVY ukázaly signifikantní rozdíly mezi věkovými skupinami ($F=13,36$, $p=0,001$, $\omega^2=23$). Post-hock test prokázal u hráčů vyšší i nižší úrovně rozdíly mezi věkovými kategoriemi na začátku ($p=0,04$ a $p=0,04$), v polovině ($p=0,037$ a $p=0,039$) a na konci sezóny ($p=0,001$ a $p=0,02$). Rozdíly mezi nižší a vyšší úrovní hráčů jednotlivých skupin podle ANOVY nebyly signifikantní ($F=0,82$, $p=0,36$, $\omega^2=0,04$).

5.2 TUHOST DOLNÍCH KONČETIN

Výsledky měření hodnot LS v průběhu herní sezóny jsou uvedeny níže v Tabulce 4.

Tabulka 4. Hodnoty relativní LS během sezóny (průměrné hodnoty a směrodatné odchylky)

	Začátek sezóny	Uprostřed sezóny	Konec sezóny
U14+U16	38,54±6,61	34,58±5,56	35,94±6,85
U14A	37,49±4,86	33,97±5,79	35,78±4,52
U14B	40,70±9,85	36,65±1,03	38,04±9,19
U16A	37,97±4,99	34,95±6,48	34,28±6,20
U16B	38,16±6,77	33,87±1,43	36,52±7,83

Výsledky ANOVY ukázaly signifikantní rozdíly mezi hodnotami relativní LS na začátku, uprostřed a na konci herní sezóny ($F=7,17$, $p=0,002$, $\omega^2=0,16$). Post-hock test ukázal signifikantní rozdíly mezi začátkem a koncem sezóny hráčů U16A ($p=0,02$) a U16B ($p=0,04$). ANOVA však neprokázala signifikantní rozdíly mezi hráči vyšší a nižší úrovně hráčů ($F=1,35$, $p=0,27$, $\omega^2=0,05$), ani mezi různými věkovými kategoriemi ($F=1,71$, $p=0,19$, $\omega^2=0,05$).

6 DISKUZE

V diplomové práci jsme u basketbalistů kategorií U14 a U16 testovali, jak se v průběhu soutěžního období mění sledované parametry RSI a relativní LS. Tyto parametry jsou považovány jako determinanty neuromuskulární únavy a explozivní síly jedince. Sledovali jsme také, zda má na tyto parametry vliv příslušnost k nižší nebo vyšší úrovni jednotlivých kategorií a věk hráčů. Pro hodnocení únavy jsou zapotřebí pohybové vzory podobné jako při daném sportu. Bylo tedy vhodné využít právě testy v uzavřeném kinematickém řetězci pro DKK, které lépe imitují schopnosti hráče.

Zvolili jsme vždy testování po volném víkendu, aby výsledky měření nebyly ovlivněny akutní a reziduální únavou. Hráče jsme testovali před, v průběhu a na konci jejich herní sezóny.

6.1 REAKČNÍ SILOVÝ INDEX

Toto hodnocení bylo vyvinuto pro monitorování stresu vyvinutého na šlacho-svalový komplex, přičemž zahrnuje excentrickou kontrakci a rychlou přeměnu na kontrakci koncentrickou (Flanagan, Eamonn, & Commyns, 2008; Hébert-Losier & Eriksson, 2014). Hodnotí především výbušnou sílu (Ebben & Petushek, 2010). RSI vykazuje vysoký vztah ke stavu SSC (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2009). Hodnoty klesají s neuromuskulární únavou, proto je RSI považován jako indikátor únavy sportovce (Oliver, Lloyd, & Whitney, 2015). Tato hodnota je dále pokládána jako indikátor potencionálního poranění LCA, z tohoto důvodu je doporučeno pravidelné testování hráčů v průběhu soutěžní sezóny (Raschner et al., 2012).

Naše výsledky ukázaly signifikantní rozdíly v hodnotách RSI ($F=4,48$, $p=0,014$, $\eta^2=0,15$) na začátku, uprostřed a na konci sezóny u všech skupin, přičemž hodnoty na konci sezóny byly signifikantně vyšší než na začátku. Post-hoc test ukázal rozdíl mezi hodnotami RSI na začátku a na konci sezóny u hráčů kategorie U16A ($p=0,019$) a U16B ($p=0,04$). Jelikož hodnota RSI svědčí o aktivitě SSC, můžeme říci, že u basketbalistů nebyla ovlivněna přeměna excentrické kontrakce na koncentrickou ve smyslu akumulované únavy během herní sezóny. To mohlo být dáno vhodně složeným ročním tréninkovým plánem, dostačujícím aktivním odpočinkem, vývojem a zráním.

Uvedenou domněnku podporují i výsledky porovnání RSI mezi věkovými kategoriemi. Vyšší hodnoty RSI na konci sezóny svědčí o lepší schopnosti basketbalistů zvládat opakované maximální vertikální skoky a doskoky během hry, které jsou důležité především pro přihrávky a během střelby míčem na koš. Nikdo z našich probandů neměl během sezóny vážný úraz, který by jakýmkoliv způsobem limitoval jeho trénink a herní nasazení. Nikdo během výzkumu neutrpěl jakékoliv zranění spojené s kolenním klubem. To mohlo být díky správnému tréninkovému ročnímu plánu, dostatečné regeneraci a připravenosti hráčů. Vliv na to bez pochyby měl i samotný průběh utkání, který pravděpodobně nebyl až tak kontaktní, jak je tomu vidět u dospělých hráčů. Jelikož probandi byli ve věku, ve kterém ještě není plně vyvinuta rychlost a hbitost, dalo by se předpokládat pomalejší průběh hry. Ovšem Oliver, Lloyd a Whitney (2015) při své studii neprokázali rozdíl mezi naměřenými hodnotami RSI mezi začátkem a koncem. Jejich studie však trvala pouze 7 týdnů, nikoliv celé soutěžní období, jak tomu bylo v případě našeho výzkumu. Další studie, které by sledovaly hráče v průběhu herní sezóny a hodnotící hodnoty RSI však chybí.

Pokud je člověk vystaven únavě, vykazuje rozdílné strategie pohybu, než je tomu běžně. Člověk má mnoho kloubů a mnoho možností jak pohyb provést. Únava má vliv právě na neuromuskulární kontrolu pohybu (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008), celkovou změnu vnímání tělesného schématu a senzorické vstupy a motorické výstupy (Paillard, 2012). Pokud jedinci pociťují vyčerpání, pak během skákání volí strategii v kotnicích. Dochází k inhibici hamstringů a vyšší aktivaci m. quadriceps femoris a mm. gastrocnemii (oba antagonisté LCA), a tím k vyššímu riziku poranění LCA při aktivitách tomu podobných (Padua et al., 2006). Mnoho úrazů může být skrytých a asymptomatických, což má za následek další komplikace (Major & Helms, 2002).

Rozdíly mezi nižšími a vyššími úrovněmi jednotlivých kategorií byly nevýznamné ($F=0,82$, $p=0,36$, $\omega^2=0,04$). Naše výsledky nejsou ve shodě s tvrzením autorů Flanagan, Eamonn a Comyns (2008), podle kterých hodnota RSI souvisí s trénovaností jedince. Je však potřeba zohlednit, že herní výkon v basketbalu je determinován více faktory a vyšší herní výkonnost nemusí

korespondovat s úrovní kondičních, resp. silových předpokladů. V našem výzkumu se vyskytly malé rozdíly mezi časovými údaji tréninků mezi nižší a vyšší úrovní hráčů, a to především téměř totožnou časovou dotací mezi hráči U14A a U14B, kdy hráči nižší kategorie měli dokonce tendenci vykazovat vyšší hodnoty než hráči na úrovni vyšší. Ve starší kategorii U16A a U16B již byly tyto časové rozdíly markantnější ve prospěch vyšší úrovně, u které jsme našli hodnoty RSI pouze nevýznamně vyšší.

Našli jsme však signifikantní rozdíl mezi hodnotami RSI mezi kategoriemi U14 a U16 ($F=13,36$, $p=0,001$, $\eta^2=23$). Prokázali jsme rozdíly mezi věkovými kategoriemi na začátku ($p=0,04$ a $p=0,04$), v polovině ($p=0,037$ a $p=0,039$) i na konci sezóny ($p=0,001$ a $p=0,02$). Starší hráči vykazovali ve všech třech měřeních během roku vyšší hodnoty než hráči mladší. Tím můžeme potvrdit, že hodnoty RSI narůstají s věkem (Flanagan, Eamonn, & Comyns, 2008). K tomu dochází pravděpodobně díky dozrávání nervosvalové kontroly, SSC, zvyšování svalové síly a koordinace.

Ebben a Petushek (2010); Lloyd, Oliver, Hughes a Williams (2012); ani Werstein a Lund (2012) neřešili při testování RSI pozici HKK. Naopak Laffaye, Choukou, Benguigui, a Padulo (2016) a Struzik, Juras, Pietraszewski a Rokita (2016) testují s rukama v bok, aby se vyhnuli ovlivnění testu zapojením HKK. My jsme v našem výzkumu probandy nechávali skákat s dopomocí HKK, čímž mohly být teoreticky hodnoty RSI vyšší, než pokud bychom je nechali skákat s rukama v bok. Výzkum, který by se soustředil na problematiku do jaké míry může být hodnota RSI ovlivněna souhybem HKK, však chybí.

Ebben a Petushek (2010) jako jediní neřešili postavení kloubů DKK při doskoku. Někteří autoři (Ramirez-Campillo et al., 2018; Struzik, Juras, Pietraszewski a Rokita, 2016; Werstein & Lund, 2012) testovali RSI prvotním seskokem z různě vysoké bedýnky, což mělo sloužit k vyhodnocení maximální možné hodnoty RSI. Jelikož však každý využíval různě vysokou bedýnku, porovnání těchto výzkumů mezi sebou a určení správné výšky seskoku pro každého probanda se zdá být obtížné. Proto jsme zvolili pro nás jednodušší variantu měření RSI bez seskoku (Oliver & Smith, 2010).

6.2 TUHOST DOLNÍCH KONČETIN

LS popisuje mechanismus využití elastické energie a hraje významnou roli pro dynamickou stabilitu kloubů (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Hodnoty LS ukazují na schopnost submaximálních skoků a jejich kvality (Oliver & Smith, 2010) a tím hodnotí SSC. S věkem se hodnoty LS díky nervové regulaci zvyšují (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012). Na hodnoty LS má velký vliv únava jedince. Díky únavě se vyskytují změny v nervové kontrole šlacho-svalového komplexu, které ovlivňují schopnost skoků (Padua et al., 2006). Měření těchto hodnot může být užitečné pro prevenci zranění DKK (Hobara, Kato, Kobayashi, & Ogata, 2012).

Dle naměřených hodnot jsme prokázali signifikantní rozdíly v relativní LS u všech kategorií a podkategorií hráčů mezi začátkem, uprostřed a koncem sezóny ($F=7,17$, $p=0,002$, $\omega^2=0,16$). Post-hoc test ukázal významné rozdíly v hodnotách mezi začátkem a koncem sezóny u kategorie U16A ($p=0,02$) a U16B ($p=0,04$). Na konci sezóny hráči vykazovali nižší hodnoty relativní LS než tomu bylo na začátku, a to i přes to, že měly hodnoty uprostřed sezóny tendenci poklesnout, a poté na konci sezóny opět narůst. Naše výsledky se shodují se studií (Oliver, Lloyd, & Whitney, 2015), která sledovala dospělé hráče rugby po dobu 7 týdnů a ukázala signifikantní pokles hodnot LS v 7. týdnu oproti začátku měření. Chybí další studie, které by sledovaly sportovce v průběhu celé soutěžní sezóny. Díky námi naměřeným nižším hodnotám LS na konci sezóny mohli mít hráči pravděpodobně vyšší riziko poranění DKK (především měkkých tkání) než tomu bylo na začátku. Většina úrazů ve sportu se stává na konci utkání. Předpokládá se tedy, že za to může hlavně únava, která ovlivňuje neuromuskulární a proprioceptivní funkce (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008), jelikož má vliv na senzorní vstupy a motorické výstupy. To vše má pak vliv na změnu pohybových vzorů (Paillard, 2012). Neuromuskulární únava je nejvíce spojována s kolenním kloubem a nekontaktním poraněním LCA (Schmitz, Hyunsoo, & Shultz, 2015). To je vysvětlováno opožděnou preaktivací hamstringů při doskoku (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008), které jsou agonisty s LCA. Toto poranění je v tomto sportu časté a je považováno za zranění, které ponechá hráče dlouhou dobu mimo hru (jeden až dva roky). Přičemž většina z nich poté není

schopna hrát na stejné úrovni jako před zraněním. Po zranění LCA také výrazně roste riziko artrózy kolenního kloubu ve vyšším věku. Podle Harmera (2005) výrazně roste riziko poranění s odehranými minutami v rámci utkání a s počtem odehraných utkání v sezóně. V současné době podle Hébert-Losiera a Erikssona (2014) neexistuje žádná studie, která by prokázala, že LS souvisí pouze s jedním konkrétním kloubem. Z tohoto důvodu není vhodné vztahovat naměřené hodnoty pouze na riziko poranění právě kolenního kloubu (konkrétně LCA). Všeobecně k prevenci poranění měkkých tkání jsou lepší vyšší hodnoty LS (Hobara, Kato, Kobayshi, & Ogata, 2012).

Pokud je člověk vystaven únavě, vykazuje rozdílné strategie pohybu než je tomu běžně. Člověk má mnoho kloubů a mnoho možností jak pohyb provést. Únava má vliv právě na neuromuskulární kontrolu pohybu (Gehring, Melnyk, & Gollhofer, 2008), celkovou změnu vnímání tělesného schématu, senzorické vstupy a motorické výstupy (Paillard, 2012). Při vyčerpání jedinci během skákání volí strategii v kotnících. Dochází k inhibici hamstringů a vyšší aktivaci m. quadriceps femoris a mm. gastrocnemii (oba antagonisté LCA), a tím k vyššímu riziku poranění LCA při aktivitách podobných skokům (Padua et al., 2006). Mnoho poranění může být skrytých a asymptomatických, což má za následek další komplikace (Major & Helms, 2002).

Nebyly však nalezeny žádné významné rozdíly hodnot relativní LS mezi jednotlivými věkovými kategoriemi hráčů ($F=1,71$, $p=0,19$, $\omega^2=0,05$). To může být díky normalizaci daných hodnot pro každého hráče. Laffaye, Choukou, Benguigui, & Padulo (2016) uvádějí, že pokud se hodnoty LS přepočítají na relativní, pak se rozdíl v hodnotách mezi věkovými rozdíly téměř neliší.

Významné rozdíly jsme nenalezli ani mezi vyšší a nižší úrovní hráčů obou kategorií ($F=1,35$, $p=0,27$, $\omega^2=0,05$). Hráči byli v této práci rozdělení podle herní výkonnosti na nižší a vyšší úroveň, která ovšem nemusí svědčit o jejich kondici. Tímto nemůžeme potvrdit, že by hodnoty LS narůstaly u sportovců s vyšším fyzickým výkonem (Hobara et al., 2008).

6.3 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Naměřené hodnoty RSI měly u probandů tendenci na konci sezóny stoupat. Naopak hodnoty LS byly na konci sezóny nižší než na začátku. Navzdory pouze malému množství poznatků o souvislosti mezi LS a RSI (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012), jsme předpokládali, že tyto hodnoty spolu budou korelovat. Tyto rozdíly v naměřených hodnotách mohly být způsobeny rozdílnou charakteristikou jednotlivých testů. Je možné, že tyto dva testy společně nepoukazují na únavu jedince, nebo je jeden z testů pro hodnocení únavy vhodnější a druhý méně. Rovněž je diskutabilní, zda výbušná síla díky tréninku na konci sezóny byla lepší než na začátku, ale hodnoty LS poukazující na únavu vykazovaly na konci sezóny nižší hodnoty než tomu bylo na počátku. Mohli bychom tedy spekulovat, že se na konci sezóny u probandů zvýšila maximální výbušná síla, ale jejich schopnost submaximálních skoků naopak poklesla. Podle Zemkové a Hamara (2018) není u dětí LS dána ko-aktivací antagonistických svalů segmentu, nýbrž převážně pasivními komponentami kloubu, a to právě díky ještě nedostatečně vyzrálé neuromuskulární kontrole. To zdůvodňuje, proč mohly být výsledky LS zkreslené. Nepoměr mezi hodnotami RSI a LS mohl být ovlivněn také metodikou, kterou jsme se rozhodli pro jednotlivé testy zvolit. V rámci testování LS měli probandí ve všech výzkumech (Hobara, Kanosue, & Suzuki, 2007; Hobara et al., 2008, Hobara & Kimura, 2010; Kuitunen, Ogiso, & Komi, 2011) po celou dobu ruce v bok, což jsme v našem výzkumu takto ponechali. Frekvence skoků byla také určena velmi rozdílně – 1.5 Hz (Hobara et al., 2008; Hobara & Inoue, 2010; Oliver & Smith, 2010), 2 Hz (Hobara, Kato, Kobayashi, & Ogata, 2012) 2.1 Hz (Hobara & Inoue, 2010), 2.2 Hz (Hébert-Losier & Eriksson, 2014; Hobara & Kimura, 2010), 2.5 Hz (Hobara, Kato, Kobayashi, & Ogata, 2012; Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012) nebo 3 Hz (Hobara et al., 2008; Hobara & Inoue, 2010; Oliver & Smith, 2010; Padua et al., 2006). Jindy zase ponechávali volbu frekvenci skoků ve svém výzkumu na probandovi (Hobara, Kanosue, & Suzuki, 2007; Hobara & Inoue, 2010; Oliver & Smith, 2010; Padua et al., 2006). Frekvence 2.5 Hz byla však prokázána (Lloyd, Oliver, Hughes, & Williams, 2012) jako nejbližší hodnota podobná k pružinovému modelu. Někdy byli probandí i u tohoto testu

instruování k co nejkratším časům s podložkou a k co nejvyšším skokům (Hobara et al., 2009; Hobara & Kimura (2010); Hobara, Kato, Kobayashi, & Ogata, 2012). Bral se také v potaz doskok na natažená kolena (Hébert-Losier & Eriksson, 2014; Hobara, Kanosue, & Suzuki, 2007; Kuitunen, Ogiso, & Komi, 2011; Oliver & Smith, 2010).

Snažili jsme se snížit na minimum možné chyby v jednotlivých měřeních v průběhu roku a to standardizací rozcvičení před testováním. Hráči rovněž při každém testování obdrželi stejné slovní instrukce, aby byli motivováni k co nejlepším a nej přesnějším výkonům. Byli měřeni po volném víkendu, abychom se vyhnuli vlivu krátkodobé únavy. V některých výzkumech nebylo bráno v potaz předchozí rozcvičení (Hobara et al., 2009; Hobara & Inoue, 2010; Oliver & Smith, 2010) před samotným provedením testů. Jindy bylo rozcvičení koncipováno jako několika-minutová jízda na bicyklovém ergometru a dynamický stretching (Ebben & Petushek, 2010; Werstein & Lund, 2012). Jiní (Ramirez-Campillo et al., 2018) využili běh a dynamický stretching, někteří zase pouze je bicyklový ergometr (Hébert-Losier & Eriksson, 2014). Někdy však rozcvičení zůstalo blíže nespecifikováno (Struzik, Juras, Pietraszewski a Rokita, 2016). Zahřívání v podobě krátkého kardia (např. rotoped, běh, veslování) a dynamického stretchingu je však pro následný výkon nutné. Byly prokázány i vyšší naměřené hodnoty při správném zahřátí před měřením (Werstein & Lund, 2012).

Téměř všechny studie nespécifikovaly obuv použitou k testování. Hobara et al. (2009); Hobara a Inoue (2010); Hobara, Kato, Kobayashi a Ogata, (2012); Hébert-Losier a Eriksson, 2014 nechávali probandy skákat naboso. My jsme se rozhodli pro ponechání obuvi, na kterou byli atleti zvyklí. A to z důvodu vyšší bezpečnosti při provádění testů, pro vyšší komfort probandů a také pro přiblížení se vybavenosti jako při tréninku a utkání, jelikož hráči samozřejmě na boso basketbal nehrají.

Basketbalisté byli v této práci rozděleni podle věku na skupinu U14 a U16. Toto rozdělení však nemusí odpovídat jejich biologickému věku, ten se totiž od kalendářního liší. V jedné věkové kategorii se pak vyskytují jedinci s rozdílným stupněm zralosti. Na to by měl být brán potaz v rámci tréninkového zatížení (Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & De Ste Croix,

2014). Hráči kategorie U14 tedy mohli být biologicky vyzrálejší než hráči kategorie U16, což mohlo mít vliv na výsledky.

Všechny naše výsledky jsou vysoce individuální, což znamená, že nemusí odpovídat pro celou skupinu.

6.4 LIMITY STUDIE

Adaptace motorické kontroly je závislá na sportu, kterému se člověk věnuje. Basketbal zahrnuje mnoho výskoků, a to jak v rámci přihrávek, tak i střelby míčem na koš. Jelikož testy uvedené v této diplomové práci obsahovaly právě výskoky, měla by být zajištěna specifická právě tohoto sportu. Na druhou stranu často se jedná o výskoky o jedné DK. K testování aktivit na jedné DK se přiklání Paillard (2012), podle kterého jsou tyto aktivity ovlivněny únavou daleko více než ty o dvou DKK.

Při této studii nebylo zohledňováno, jak dlouho se již hráči zabývají basketbalem. Nebyl brán ohled ani na to, zda se ve svém volném čase věnují ještě i jiným sportovním aktivitám mimo trénink a kolik času těmto aktivitám případně věnují.

Tato studie byla koncipována pro riziko poranění především kolenního kloubu, konkrétně LCA. Po zjištění nových poznatků se však někteří autoři (Hébert-Losier & Eriksson, 2014) odklánějí od vztažení těchto testů pouze na konkrétní kloub, jelikož skok zahrnuje aktivitu celých DKK, nejen kolenního kloubu.

Rozhodli jsme se pro analýzu dat vybrat u každého probanda skok, který byl při daném měření nejlepší. Toto rozhodnutí nemuselo být ideální a přesnější mohlo být vypočítání mediánu nebo případně průměrné hodnoty RSI z více sérií.

6.5 ODPOVĚDI NA VÝZKUMNÉ OTÁZKY

VO 1: Jak se budou v průběhu soutěžního období měnit parametry sledovaných indikátorů únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů basketbalu v kategorii U14?

- U kategorie U14 post-hock test neukázal signifikantní změny mezi hodnotami RSI ani relativní LS v průběhu herní sezóny.

VO 2: Jak se budou v průběhu soutěžního období měnit parametry sledovaných indikátorů únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů basketbalu v kategorii U16?

- Post-hoc test ukázal signifikantní rozdíl v hodnotách RSI mezi začátkem a koncem sezóny u kategorie U16A ($p=0,019$) a U16B ($p=0,04$). Současně ukázal významné rozdíly v hodnotách relativní LS mezi začátkem a koncem sezóny u hráčů kategorie U16A ($p=0,02$) a U16B ($p=0,04$).

VO 3: Bude se lišit úroveň sledovaných indikátorů svalové únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů basketbalu v kategoriích U14 a U16?

- Post-hoc test prokázal u hráčů nižší i vyšší úrovně rozdíly v hodnotách RSI mezi věkovými kategoriemi hráčů na začátku ($p=0,04$ a $p=0,04$), v polovině ($p=0,037$ a $p=0,039$) a na konci sezóny ($p=0,001$ a $p=0,02$). Rozdíly v hodnotách relativní LS mezi věkovými kategoriemi byly nevýznamné.

VO 4: Bude se lišit úroveň sledovaných indikátorů svalové únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů nižší a vyšší úrovně kategorie U14?

- Post-hoc test neukázal signifikantní změny v hodnotách RSI a relativní LS mezi nižší a vyšší úrovní hráčů kategorie U14.

VO 5: Bude se lišit úroveň sledovaných indikátorů svalové únavy nervosvalového aparátu kolenního kloubu u hráčů nižší a vyšší úrovně kategorie U16?

- U hráčů kategorie U16 jsme neprokázali post-hoc testem významné změny v hodnotách RSI a relativní LS mezi nižší a vyšší úrovní hráčů.

6.6 POHLED FYZIOTERAPEUTA

Nejedná se o typicky jednostranný sport, z tohoto důvodu nedochází (jako například u tenisu nebo badmintonu) k přetěžování jedné poloviny těla. Každý hráč má však preferenci výskoku na koš ze své odrazové DK a střelbu na koš svou dominantní HK. Měl by však v některých situacích zvládat využít k odrazu jak odrazové tak švihové DK a ke střelbě dominantní i nedominantní HK. Hráči musí zvládat střelbu na koš i oběma HKK zároveň.

Trenéři na své svěřence mají často vysoké nároky, které není možné fyzicky zvládat. Tímto se akumuluje únava nejen během jednotlivých utkání, ale i v průběhu soutěžní sezóny. Je potřeba najít správné vyvážení tréninku pro zlepšení fyzické zdatnosti jedince a najít hranici, kdy už tréninkové zatížení překročí meze únosnosti tak, aby je sportovec zvládl. Samozřejmostí je, že se v každém týmu najdou lepší a horší hráči, a že v čem jeden vyniká, může být pro druhého problém. Bohužel se však v rámci tréninku na tyto specifické parametry jednotlivých hráčů nevěnuje moc velká pozornost. Trénink je tedy často sestaven pro všechny hráče stejně, nehledě na to, jak na tom hráč stojí v jednotlivých aspektech tréninku, poněvadž všichni trénují vše. Ve většině případů trenér nezohledňuje situaci, jak se hráč momentálně cítí, zda není nemocný nebo přetížený trénováním. V rámci sportu záleží také na tom, jakým způsobem se každý hráč s tréninkem vypořádá a jakou má schopnost adaptace a regenerace. Mnoha zraněním v jakémkoliv sportu se dá předcházet řádným preventivním programem, který má zvláště ve sportu své opodstatnění.

7 ZÁVĚRY

1. U sledovaných hráčů basketbalu byly prokázány změny RSI v průběhu soutěžní sezóny. Hodnoty RSI byly signifikantně vyšší na konci sezóny než na začátku u hráčů kategorie U16 (obě výkonnostní úrovně), u hráčů U14 byly změny nevýznamné.

2. U sledovaných hráčů basketbalu byly prokázány změny relativní LS v průběhu sezóny, přičemž hodnoty měly tendenci klesnout uprostřed sezóny a poté opět narůst na jejím konci. Signifikantní rozdíly byly zjištěny mezi začátkem a koncem sezóny u hráčů kategorie U16 (obě výkonnostní úrovně).

3. Změny obou sledovaných indikátorů ukazují, že u hráčů nebyla jednoznačně potvrzena kumulace neuromuskulární únavy na konci herní sezóny.

4. Porovnání hráčů věkových kategorií U14 a U16 potvrdilo názor, že s věkem dochází k zlepšení činnosti nervosvalového aparátu dolních končetin jen v případě RSI.

5. U hráčů obou věkových kategorií nebyl potvrzen rozdíl ve sledovaných indikátorech únavy mezi hráči nižší a vyšší soutěžní úrovně.

8 SOUHRN

Cílem této práce bylo zhodnotit vliv tréninkového zatížení hráčů na jejich únavu během herní sezóny. Prvním dílčím cílem bylo porovnat v průběhu soutěžního období tuhost dolních končetin (LS) a reakční silový index (RSI) u adolescentních hráčů basketbalu mezi kategoriemi U14 a U16. Druhým dílčím cílem bylo porovnat relativní LS a RSI mezi nižší a vyšší úrovní obou kategorií v průběhu soutěžního období. V teoretické části byla popsána specifika pohybové aktivity v dětském věku a během dospívání, basketbal a s ním spojená únava a zranění, pružinový model, cyklus natažení a zkrácení svalu, plyometrický trénink, LS, RSI a prevence poranění. Z prezentovaného přehledu poznatků rovněž vyplývá, že únava má vliv na vznik muskulo-skeletálních poranění během sportovní aktivity, a že hodnoty RSI a relativní LS jsou indikátory neuromuskulární únavy sportovce, které jsou asociovány s rizikem zranění.

Výzkumu se zúčastnili hráči basketbalu v kategoriích U14 a U16, kteří byli dále rozděleni na nižší (Olomouc) a vyšší úroveň (Prostějov). Hráči byli poté měřeni 3x v průběhu herní sezóny, a to na začátku, uprostřed a na konci. K hodnocení LS jsme zvolili test 20 submaximálních vertikálních skoků na plošině PS-2142 (Pasco, Roseville, USA) o dané frekvenci 2.5 Hz. Tyto hodnoty byly poté normalizovány hmotností a délkou dolních končetin každého hráče. RSI jsme hodnotili testem 6 maximálních vertikálních skoků z místa na plošině Fitro Jumper (Fitronic, Slovensko).

Prokázali jsme významně vyšší hodnoty RSI na konci herní sezóny u hráčů kategorie U16. U hráčů kategorie U14 se však rozdíl hodnot RSI v průběhu herní sezóny nepotvrdily. Hodnoty relativní LS měly tendenci uprostřed sezóny klesat a poté mírně narůst. Na konci sezóny hráči kategorie U16 vykazovali signifikantně nižší hodnoty relativní LS než na začátku. U hráčů kategorie U14 rozdíl v relativní LS nebyly významné. Tímto nemůžeme potvrdit ani vyvrátit možnou kumulaci neuromuskulární únavy na konci herní sezóny. Nalezli jsme významný rozdíl mezi věkovými kategoriemi v hodnotách RSI, ale nevýznamný rozdíl v hodnotách relativní LS. Nepotvrdili jsme rozdíl mezi hráči nižší a vyšší úrovně u obou věkových kategorií.

9 SUMMARY

The objective of this thesis was to evaluate the effect of training load of players on their fatigue during the competition period. The first partial goal was to compare the leg stiffness (LS) and the reactive strength index (RSI) in adolescent basketball players in categories U14 and U16 during the competition period. The second partial goal was to compare the relative LS and the RSI between the lower and the higher levels of both categories during the competition period. The theoretical part describes the specifics of physical activity in childhood and during adolescence, the basketball and related fatigue and injuries, the spring-mass model, the stretch-shortening cycle, the plyometric training, the LS, the RSI, and the injury prevention. The presented overview also shows that fatigue is related with the occurrence of musculoskeletal injuries during sporting activities and that the RSI and the relative LS values are indicators of neuromuscular fatigue that are associated with the risk of injury.

Basketball players in categories U14 and U16, who were further divided into a lower level (Olomouc) and a higher level (Prostějov), participated in the research. The players were then measured 3 times during the competition period, at the beginning, in the middle and at the end. For the evaluation of the LS, a test of 20 submaximal vertical jumps on the PS-2142 platform (Pasco, Roseville, USA) was used with a given frequency of 2.5 Hz. These values were then normalized by the weight and the length of each player's legs. The RSI was evaluated with the use of a test of 6 maximum vertical jumps on the Fitro Jumper platform (Fitronic, Slovakia).

Significantly higher RSI values were demonstrated at the end of the competition period for U16 players. However, the differences in RSI values were not confirmed during the competition period in the case of U14 players. Relative LS values tended to drop in the middle of the period and then slightly increase. At the end of the period, U16 category players showed significantly lower relative LS values than at the beginning. For U14 category players, differences in relative LS were not significant. A possible accumulation of neuromuscular fatigue at the end of the competition period

cannot be thus confirmed or rejected. A significant difference in RSI values was found between the age categories, but an insignificant difference was found in relative LS values. The differences between lower and higher-level players in both age groups were not confirmed.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J. R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 170-176.

De Ste Croix, M., Hughes, J. D., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., & Read, P. J. (2017). Leg stiffness in female soccer players: Intersession reliability and the fatiguing effects of soccer-specific exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 1-7.

Drakos, M. C., Domb, B., Starkey, C., Callahan, L., & Allen, A. A. (2010). Injury in the National Basketball Association: A 17-Year Overview. *Sports Health*, 2(4), 284-290.

Ebben, W. P., & Petushek, E. J. (2010). Using the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 1983-1987.

Edwards, T., Spiteri, T., Piggott, B., Bonhotal, J., Haff, G. G., & Joyce, C. (2018). Monitoring and managing fatigue in basketball. *Sports – The Basel Journal*, 6(1), 1-14.

Flanagan, Eamonn P., & Comyns, T. M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. *Strength and Conditioning Journal*, 30(5), 32-38.

Gaca, A. M. (2009). Basketball injuries in children. *Pediatric Radiology*, 39, 1275-1285.

Gehring, D., Melnyk M., & Gollhofer A. (2008). Gender fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical Biomechanics*, 24, 82-87.

Harmer, P. A. (2005). Basketball Injuries. *Medicine and Sport Science*, 49, 31-61.

- Hébert-Losier, K., & Eriksson, A. (2014). Leg stiffness measures depend on computational method. *Journal of Biomechanics*, *47*, 115-121.
- Hobara, H., Inoue, K., Muraoka, T., Omuro, K., Sakamoto, M., & Kanosue, K. (2010). Leg stiffness adjustment for a range of hopping frequencies in humans. *Journal of Biomechanics*, *43*, 506-511.
- Hobara, H., Kanosue, K., & Suzuki, S. (2007). Changes in muscle activity with increase in leg stiffness during hopping. *Neuroscience Letters*, *418*, 55-59.
- Hobara, H., Kato, E., Kobayashi, Y., & Ogata, T. (2012). Sex differences in relationship between passive angle stiffness and leg stiffness during hopping. *Journal of Biomechanics*, *45*, 2750-2754.
- Hobara, H., Kimura, K., Omuro, K., Gomi, K., Muraoka, T., Iso, S., & Kanosue, K. (2008). Determinants of the difference in leg stiffness between endurance- and power-trained athletes. *Journal of Biomechanics*, *41*, 506-514.
- Hobara, H., Kimura, K., Omuro, K., Gomi, K., Muraoka, T., Sakamoto, M., & Kanosue, K. (2010). Differences in lower extremity stiffness between endurance-trained athletes and untrained subjects. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*, 106-111.
- Hobara, H., Muraoka, T., Omuro, K., Gomi, K., Sakamoto, M., Inoue, K., & Kanosue, K. (2009). Knee stiffness is a major determinant of leg stiffness during maximal hopping. *Journal of Biomechanics*, *42*, 1768-1771.
- Ito, E., Iwamoto, J., Azuma, K., & Matsumoto, H. (2015). Sex-specific differences in injury types among basketball players. *Journal of Sports Medicine*, *6*, 1-6.
- Kuitunen, S., Ogiso, K., & Komi, P. V. (2010). Leg and joint stiffness in human hopping. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*, 159-167.
- Laffaye, G., Choukou, M. A., Benguigui, N., & Padulo, J. (2016). Age- and gender-related development of stretch shortening cycle during a sub-maximal hopping task. *Biology of Sport*, *33*, 29-35.

Lehnert, M., De Ste Croix, M., Xaverova, Z., Botek, M., Varekova, R., Zaatar, A., Lastovicka, O., & Stastny, P. (2018). Changes in injury risk mechanisms after soccer-specific fatigue in male youth players. *Journal of Human Kinetics*, 62, 33-42.

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. (2014). Chronological age versus biological maturation: Implications for exercise programming in youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454-1464.

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2009). Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *Journal of Sports Sciences*, 27(14), 1565-1573.

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2011). The influence of chronological age on periods of accelerated adaptation of stretch-shortening cycle performance in pre- and post-pubescent boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1889-1897.

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2012). Age-related differences in the neural regulation of stretch-shortening cycle activities in male youths during maximal and sub-maximal hopping. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22, 37-43.

Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.

Major, N. M. & Helms, C. A. (2002). MRI imaging of the knee: Findings in asymptomatic collegiate basketball players. *American Journal of Roentgenology*, 179, 641-644.

McMahon, J. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2018). Reliability of and relationship between flight time to contraction time ratio and reactive strength index modified. *Sports*, 6(81), 1-10.

- Oliver, J. L., Lloyd, R. S., & Whitney, A. (2015). Monitoring of in-season neuromuscular and perceptual fatigue in youth rugby players. *European Journal of Sport Science, 15*(6), 514-522.
- Oliver, J. L., & Smith, P. M. (2010). Neural control of leg stiffness during hopping in boys and men. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 20*, 973-979.
- Ortiz, A., Olson, S. L., Etnyre, B., Trudelle-Jackson, E. E., Bartlett, W., & Venegas-Rios, H. (2010). Fatigue effects on knee joint stability during two jumps tasks in woman. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(4), 1019-1027.
- Padua, D. A., Arnold, B. L., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Carcia, C. R., & Granata, K. P. (2006). Fatigue, vertical leg stiffness, and stiffness control strategies in males and females. *Journal of Athletic Training, 41*(3), 294-304.
- Paillard, T. (2012). Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 36*, 162-176.
- Pappas, G. P., Vogelsong, M. A., Staroswiecki, E., Gold, G. E., & Safran, M. R. (2016). Magnetic resonance imaging of asymptomatic knees in collegiate basketball players: The effect of one season of play. *Clinical Journal of Sport Medicine, 26*(6), 483-489.
- Pappas, E., Zazulak, B., Yard, E. E., & Hewett, T. E. (2011). The epidemiology of pediatric basketball injuries presenting to US emergency departments: 2000-2006. *Sports Health, 3*(4), 331-335.
- Ramirez-Camillo, R., Alvarez, C., García-Pinillos, F., Sanchez-Sanchez, J., Yanci, J., Castillo, D., Loturco, I., Chaabene, H., Moran, J., & Izquierdo, M. (2018). Optimal reactive strength index: Is it an accurate variable to optimize plyometric training effects on measures of physical fitness in young soccer players? *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(4), 885-893.

- Randazzo, Ch., Nelson, N. G., & McKenzie, L. B. (2010). Basketball-related injuries in school-aged children and adolescents in 1997-2007. *Pediatrics*, *126*(4), 727-733.
- Raschner, Ch., Platzner, H. P., Patterson, C., Werner, I., Huber, R., & Hildebrandt, C. (2012). The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: a 10-year longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine*, *46*, 1065-1071.
- Schmitz, R. J., Hyunsoo, K., & Shultz, S. J. (2015). Neuromuscular fatigue and tibiofemoral joint biomechanics when transitioning from non-weight bearing to weight bearing. *Journal of Athletic Training*, *50*(1), 23-29.
- Struzik, A., Juras, G., Pietraszewski, B., & Rokita, A. (2016). Effect of drop jump technique on the reactive strength index. *Journal of Human Kinetics*, *52*, 157-164.
- Taylor, J. B., Ford, K. R., Nguyen, A.-D., Terry, L. N., & Hegedus, E. J. (2015). Prevention of lower extremity injuries in basketball: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, *7*(5), 392-398.
- Thomas, A. C., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G. (2011). Isolated hip and ankle fatigue are unlikely risk factors for anterior cruciate ligament injury. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*, 359-368.
- Werstein, K. M., & Lund, R. J. (2012). The effects of two stretching protocols on the reactive strength index in female soccer and rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(6), 1564-1567.
- Zemková, E., & Hamar, D. (2018). Sport-specific assessment of the effectiveness of neuromuscular Training in young athletes. *Frontiers in Physiology*, *9*, 1-27.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUČ, 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:

Příloha 2. 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 směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

razítko fakulty