

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

ZMĚNY SVALOVÝCH A NERVOSVALOVÝCH FUNKCÍ
U ADOLESCENTNÍCH BASKETBALISTŮ PO ABSOLVOVÁNÍ
SPECIFICKÉHO ÚNAVOVÉHO PROTOKOLU

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Mgr. et Bc. Petra Milichová, Trenérství a management sportu

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

Olomouc 2016

Jméno a příjmení autora: Mgr. et Bc. Petra Milichová

Název diplomové práce: Změny svalových a nervosvalových funkcí u adolescentních basketbalistů po absolvování specifického únavového protokolu

Pracoviště: Katedra sportu

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2016

Abstrakt: Práce se zabývá hodnocením svalových a nervosvalových funkcí flexorů a extenzorů kolenního kloubu u basketbalistů ve věku 16–18 let ($n=29$; věk: $17,1 \pm 0,9$ let) po absolvování specifického únavového protokolu BUP28. Cílem práce bylo zjistit, zda bude mít absolvování specifického únavového protokolu (BUP28) u basketbalistů kategorie U16 a U18 vliv na změnu peak torque (PT) flexorů (H) a extenzorů (Q) kolenního kloubu, funkčního (H/Qf) a konvenčního (H/Qc) poměru svalové síly hamstringů a m. quadriceps femoris (H/Q poměr) a na změnu reaktivní síly (RSI). Probandi byli rozděleni do dvou skupin U16 ($n=11$) a U18 ($n=18$). Síla H a Q byla měřena pomocí izokinetického dynamometru v úhlových rychlostech $60^\circ/s$ a $180^\circ/s$ vždy před a po absolvování BUP28 u dominantní (DDK) a nedominantní (NDK) dolní končetiny. BUP28 měl u kategorie U16 signifikantní vliv na hodnoty PT flexorů v případě DDK_H_E60 a NDK_H_C180. U kategorie U18 byl sledován vliv BUP28 u DDK_H_E60, DDK_H_E180 a u NDK_H_E60. Při porovnání obou kategorií byl zjištěn statisticky významný rozdíl pouze u NDK_H_C180 po absolvování BUP28. U extenzorů měl BUP28 vliv na PT v případě DDK_Q_C60, a to u obou kategorií. Při porovnání obou kategorií byl sledován statisticky významný rozdíl ve všech sledovaných parametrech před i po BUP28 s výjimkou DDK_Q_C180 před BUP. BUP 28 neměl signifikantní vliv na hodnotu H/Qc ani H/Qf poměru ani u jedné ze sledovaných kategorií. Při porovnání sledovaných skupin byly zjištěny statisticky významné hodnoty H/Qc pouze před absolvováním BUP28 u NDK_180. U H/Qf byl sledován statisticky významný rozdíl u všech hodnot NDK s výjimkou NDK_180 po BUP28. K signifikantní změně v hodnotě RSI došlo po BUP28 u kategorie U16. Změny RSI se signifikantně lišily u obou sledovaných skupin před i po absolvování BUP28, paradoxně došlo po jeho absolvování k nárůstu hodnot.

Klíčová slova: H/Q poměr, adolescent, basketbal, dynamometrie, kolenní kloub

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Mgr. et Bc. Petra Milichová

Title of master thesis: Changes in Muscle and Neuromuscular Function at Adolescent Basketball Players after Completing the Specific Fatigue Protocol

Department: Department of Sport

Supervisor: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

The year of presentation: 2016

Abstract: The thesis deals with the evaluation of muscular and neuromuscular functions of flexors and extensors of the knee joint at basketball players aged 16-18 (n = 29; age: 17.1 ± 0.9 years) after completing the specific fatigue protocol BUP28. The aim of the thesis was to determine whether the peak torque (PT) of flexors (H) and extensors (Q) of the knee joint, functional (H/Qf) and conventional (H/Qc) ratio hamstring muscle strength and m. quadriceps (H/Q ratio) as well as the reactive power (RSI) will be affected with completing the specific fatigue protocol (BUP28) by basketball players of the U16 and U18 categories. The players were divided into two groups - U16 (n = 11) and U18 (n = 18), respectively. Strength of H and Q was measured by means of isokinetic dynamometer in the angular velocity of 60°/sec and 180°/s before and after completing BUP28 at dominant (DDK) and non-dominant (NDK) lower limbs. BUP28 had a significant impact on the value of PT flexor case DDK_H_E60 and NDK_H_C180 at the U16 category. At the U18 category BUP28 was found to influence DDK_H_E60, DDK_H_E180 and NDK_H_E60. When comparing both categories, a statistically significant difference only for NDK_H_C180 was shown after completing BUP28. As far as extensors concerns, at both categories PT was affected by BUP28 in case of DDK_Q_C60. When comparing both categories, a statistically significant difference in all parameters was found before and after BUP28, except DDK_Q_C180 before BUP. Neither the value of H/Qc or H/Qf relationship at any of the monitored categories were affected by BUP 28. When comparing the studied groups, the statistically significant values of H/Qc were found only before completing BUP28 at NDK_180. In H/Qf was observed a statistically significant difference for all values except NDK NDK_180 after BUP28. A significant change in the value of the RSI occurred after BUP28 at the U16 category. Changes of RSI differed significantly in both groups before and after completing BUP28; paradoxically, after its completing the increase of values occurred.

Keywords: H/Q ratio, adolescent, basketball, dynamometry, knee

I agree the thesis paper to be lent within the 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 26. 4. 2016

Děkuji Doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za cenné rady a pomoc při zpracování diplomové práce a RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při zpracování statistických dat.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	SYNTÉZA POZNATKŮ	10
2.1	Anatomie kolenního kloubu	10
2.1.1	Kolenní kloub	10
2.1.2	Stabilizátory kolenního kloubu	10
2.1.2.1	Pasivní (statické) stabilizátory	11
2.1.2.2	Aktivní (dynamické) stabilizátory	12
2.2	Řízení svalové činnosti	13
2.3	Biomechanika kolenního kloubu	13
2.4	Adolescentní věk	15
2.5	Sportovní úraz	15
2.5.1	Příčiny vzniku sportovního úrazu	16
2.6	Basketbal	16
2.6.1	Nejčastější poranění v basketbalu	18
2.7	Únava	19
2.7.1	Fyziologická únava	19
2.7.2	Patologická únava	20
2.7.3	Únava ve vztahu ke kolennímu kloubu	20
2.8	Poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu	21
3	CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	22
3.1	Hlavní cíl	22
3.2	Výzkumné otázky	22
4	METODIKA MĚŘENÍ	23
4.1	Charakteristika výzkumného souboru	23
4.2	Postup měření	24
4.2.1	Izokinetická dynamometrie	24

4.2.2 Měření reaktivní síly	25
4.2.3 Únavový protokol.....	25
4.2.3.1 Popis měřených úseků v rámci BUP28	26
4.2.4 Statistické zpracování dat.....	27
5 VÝSLEDKY	28
6 DISKUZE.....	41
7 ZÁVĚRY	45
8 SOUHRN	46
9 SUMMARY	47
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	48
11 PŘÍLOHY	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

m., mm. = musculus, muscoli

lig., ligg. = ligamentum, ligamenti

n. = nervus

ACL = přední zkřížený vaz

PCL = zadní zkřížený vaz

H = hamstringy

Q = m. quadriceps femoris

H/Qc = konvenční poměr svalové síly flexorů (hamstringů) a extenzorů (m. quadriceps femoris)

H/Qf = funkční poměr svalové síly flexorů (hamstringů) a extenzorů (m. quadriceps femoris)

PT = peak torque

Hcon = svalová síla hamstringů v koncentrickém režimu

Qcon = svalová síla m. quadriceps femoris v koncentrickém režimu

Hecc = svalová síla hamstringů v excentrickém režimu

RSI = relative strength index

DK = dolní končetina

DDK = dominantní dolní končetina

NDK = nedominantní dolní končetina

1 ÚVOD

Příprava sportovců zejména na vrcholové úrovni je dnes již velmi propracovanou oblastí. Nejedná se tak jen o čistě sportovní přípravu, ale stále více se klade důraz na vhodnou stravu, tréninkové podmínky nebo možnosti regenerace, případně rehabilitaci při výskytu zdravotních obtíží. Je tedy na místě získávat nové poznatky, které by se v dalších tréninkových procesech mohly využívat.

S narůstajícími požadavky na výkony jednotlivce i kolektivu se zvyšuje také riziko vzniku poranění způsobeného buď nadměrnou tréninkovou zátěží, častějšími kontakty s protihráči nebo nedoléčením zranění. Rizikovou skupinou ve smyslu dalšího sportovního vývoje jsou adolescentní sportovci, kterým takové zranění může často překazit sportovní plány a slibně se rozjíždějící sportovní kariéru.

Nároky nejen na rychlost a sílu se s profesionalizací sportu výrazně zvyšují. Není tomu jinak ani v basketbalu, kolektivním, dynamickém sportu, kde o rychlé změny směru, časté kontakty s protihráči a mnohdy nekontrolovatelné dopady není nouze. I proto je zde důležitá role správně fungujících svalů, které stabilizují opěrné klouby. Významnou roli při vzniku zranění může hrát také únava sportovce.

Tato práce se zaměřuje na problematiku změny poměrů svalových stabilizátorů kolenního kloubu u basketbalistů ve věku 16 - 18 let, u kterých byl sledován vliv únavy na kvalitu aktivity těchto svalových struktur po absolvování specifického únavového protokolu simulujícího zatížení v utkání.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Anatomie kolenního kloubu

Oblast kolenního kloubu je velmi složitou oblastí. Nacházíme zde nejen kostěné struktury, ale také velké množství měkkých tkání a samotný kolenní kloub patří k nejsložitějším kloubům v lidském těle.

2.1.1 Kolenní kloub

Kolenní kloub (articulatio genus) patří mezi klouby složené a je pokládán za vůbec nejsložitější v lidském těle. V oblasti kolenního kloubu se stýkají tři kosti - stehenní kost (femur), holenní kost (tibia) a sezamská kost zavzatá do šlachy musculus (m.) quadriceps femoris - česka (patella). Spojením těchto kostí vzniká femoropatelní kloub, mediální a laterální femorotibiální kloub (Čihák, 2001).

Styčné plochy femuru a tibie navzájem plně nekomunikují. Nerovnosti vyplňují menisky - laterální a mediální. Tyto útvary z vazivové chrupavky se liší svým tvarem a velikostí. Odlišujeme cípy menisků, které se upínají na tibií, a obvody menisků připojené ke kloubnímu pouzdru. Vnější obvod je vyšší, vnitřní naopak velmi tenký. Při pohybech v kloubu se menisky posunují ze základní polohy dozadu a zpět.

Každý z menisků má jiný tvar. Vnitřní (mediální) meniskus je poloměsíčitý a je ve spojení se zadní částí vnitřního kolaterálního vazy, což má vliv na jeho menší pohyblivost, a také je ovlivňován stahem m. semimembranosus. Zevní (laterální) meniskus je vyšší a je ve spojení s m. popliteus. Jeho tvar je téměř kruhový a je mnohem pohyblivější.

Co se týká incidence poranění, zejména kvůli zmiňované menší pohyblivosti bývá postižen častěji meniskus mediální (Čihák, 2001; Kolektiv autorů, 1997; Paneš, 1993).

2.1.2 Stabilizátory kolenního kloubu

V oblasti kolenního kloubu najdeme pasivní (statické) a aktivní (dynamické) stabilizátory. Obecně se jedná o svaly a vazy v okolí kloubu, které stabilizují daný kloub při stoji, ale také při pohybu.

2.1.2.1 Pasivní (statické) stabilizátory

Jako pasivní stabilizátory nazýváme kolenní vazy, které můžeme dělit na nitrokloubní (spojují femur a tibií) a vazy kloubního pouzdra. Statické stabilizátory působí zejména při extenzi kloubu. Nejdůležitějšími a nejvýznamnějšími vazy jsou vazy zkřížené - ligamenta (ligg.) cruciata anterius et posterius.

Tyto vazy ležící ve fossa intercondylaris femoris spojují tibií a femur. Aktivní jsou při stabilizaci kolena v předozadním směru, ale také směrem do valgosity i varozity. Napínají se též při ohýbání kolena, a pokud rotujeme koleno vnitřně, dochází k navíjení obou ligament, a tím k omezení dané rotace. Ligamentum (lig.) cruciatum anterius (ACL) se vine od mediální plochy laterálního kondylu femuru do area intercondylaris anterior na tibií. Lig. cruciatum posterius (PCL) začíná na laterální ploše mediálního kondylu femuru a upíná se do area intercondylaris posterior na tibií. Ve svém průběhu kříží zadem anteriorní vaz.

Kromě zkřížených vazů najdeme zepředu uvnitř kolenního kloubu lig. transversum genus spojující napříč oba menisky. Laterální meniscus, resp. jeho zadní cíp, je navíc ještě fixován dvěma vazy, a to lig. meniscomemorale posterius et anterius. Obě ligamenta probíhají k mediálnímu kondylu po zadní a přední straně zadního zkříženého vazy.

Mimo nitrokloubní vazy zde najdeme i vazy kloubního pouzdra. Po stranách kloubního pouzdra jsou vazy postranní - lig. colateralle tibiale (mediale) et fibulare (laterale). Jejich funkcí je stabilizace kolene při extenzi kolenního kloubu a v průběhu pohybu do částečné flexe.

Lig. colateralle tibiale je plochý, široký a silný vaz, který se vine od mediálního epikondylu femuru k mediálnímu epikondylu tibiie. Je pevně spojen s kloubním pouzdem i mediálním meniskem. Při částečné flexi jeho napětí ochabuje, naopak při plné extenzi je napětí maximální.

Lig. colateralle fibulare začíná na laterálním epikondylu femuru a probíhá mírně šikmo dolů k hlavičce fibuly. Toto ligamentum nekomunikuje ani s kloubním pouzdem, ani s laterálním meniskem. Dolní třetina vazy je navíc krytá úponovou šlachou m. biceps femoris.

Pod laterálním kolaterálním vazem se táhne od začátku m. popliteus drobný vaz tvaru zaobleného Y - lig. popliteum arcuatum, které zesiluje kloubní pouzdro zezadu. Stejnou funkci plní i lig. popliteum obliquum, které odstupuje od úponové šlachy m. semimembranosus. Zepředu probíhá šlacha m. quadriceps femoris. Jejím

prodloužením je lig. patellae upínající se až na tuberositas tibiae. Z úponové šlachy odstupuje směrem k tibiai i tzv. přídatný extenční aparát v podobě povrchových retinacula longitudinalia a hlouběji uložených retinacula transversa (Čihák, 2001; Paneš, 1993).

2.1.2.2 Aktivní (dynamické) stabilizátory

Mimo statických stabilizátorů v podobě vazů nacházíme v oblasti kolenního kloubu také stabilizátory dynamické v podobě svalového aparátu. Aktivní stabilizátory plní svou funkci zejména při flexi v kloubu. Jedná o tyto svaly: m. sartorius, m. semimembranosus, m. semitendinosus, m. gracilis, m. popliteus, m. biceps femoris a m. quadriceps femoris.

Ventrální skupinu svalů stehna tvoří m. sartorius a m. quadriceps femoris. Oba svaly jsou inervovány z nervus (n.) femoralis. M. sartorius je dlouhým, štíhlým svalem jdoucím od spina iliaca anterior superior šikmo spirálovitě do pes anserinus na vnitřní straně kolena. Pes anserinus je společná úponová šlacha na tibiai navíc i pro m. gracilis a m. semitendinosus.

M. quadriceps femoris je posturálním svalem, který je tvořen čtyřmi svalovými hlavami. Patří mezi ně m. rectus femoris, m. vastus medialis, lateralis a intermedius. Nejdelší z nich m. rectus femoris a m. sartorius jsou svaly dvoukloubové. Ostatní tři hlavy působí pouze na kolenní kloub ve smyslu extenze. Všechny čtyři komponenty se spojují nad patellou, na kterou se upínají, a patella je jako sezamská kost zavzata do této úponové šlachy. Šlacha dále pokračuje lig. patellae až na tuberositas tibiae.

Od intermediální svalové hlavy odstupuje ve formě svalových snopců štíhlý sval m. articularis genus. Tento drobný sval se při extenzi napíná a zároveň vytahuje pouzdro kolenního kloubu.

Mediální svalová skupina vinoucí se až ke kolennímu kloubu působí komplexně jako adduktory stehna. Nejvýznamnější z této skupiny je m. gracilis (inervace n. obturatorius) upínající se do pes anserinus. Kromě své funkce přitahovače kyčelního kloubu působí tento stabilizátor jako ohybač kolene. Při flexi působí také jako vnitřní rotátor bérce.

Poslední svalovou skupinou je skupina dorsální. Zde nacházíme tzv. semisvaly a m. biceps femoris, svaly dvoukloubové. Souborně jsou nazývány hamstringy. Patří mezi hlavní flexory kolenního kloubu a pomocné extenzory kyčle. Všechny tři svaly inervované n. ischiadicus začínají na tuber ischiadicum a vinou se dolů směrem

pod kolenní kloub. Semisvaly se upínají na mediální okraj, m. biceps femoris na okraj laterální.

Dvojhlavý sval stehenní je tvořen caput longum a caput breve. Obě hlavy se sbíhají na caput fibulae. Kromě výše uvedených funkcí se podílí také na zevní rotaci bérce při flektovaném koleně. M. semimembranosus je tvořen třemi pruhy. Laterální pruh se upíná na zadní stranu kloubního pouzdra jako lig. popliteum obliquum. M. semitendinosus se upíná do pes anserinus a stejně jako druhý semisval se podílí navíc na vnitřní rotaci bérce při flektovaném koleně (Čihák, 2001; Paneš, 1993).

2.2 Řízení svalové činnosti

Centrum řízení volní motoriky se nachází v motorickém centru šedé kůry mozkové, ve frontálním laloku v tzv. gyruspraecentralis (Lehnert, Botek, Sigmund, Smékal et al., 2014). Jak uvádí Kolář et. al. (2009), svalový systém se nachází na pomyslné křižovatce, kde se sbíhají vlivy z CNS (mozek, mícha) a z periferie (kůže, podkoží, klouby ap.). Tento soubor vlivů se koordinuje na úrovni spinální míchy (spinální interneurony) a formuje se do konečné výstupní podoby prostřednictvím funkcí alfa-motoneuronů. Mimo systému alfa působí v souvislosti s pohybem také gama-systém, který je řízen retikulární formací.

Podmínkou veškeré motoriky je svalový tonus. Ten lze chápat jako rezistenci při pasivním natažení svalu (Kolář et al., 2009) nebo jako každé napětí svalu, které nebylo vyvoláno volním úsilím jedince (Trojan, Druga, Pfeiffer & Votava, 2005).

Svalový tonus můžeme rozdělit na tonus klidový (podmíněný vazivovou složkou svalu) a tonus reflexní (zajišťovaný kontraktilními strukturami svalu). Klidový tonus existuje dlouhodobě, nejeví únavu a je bez energetických nároků a představuje výhodnou výchozí polohu pro svalovou kontrakci. Reflexní tonus má charakter slabé izometrické kontrakce řízené signály ze svalových vřetének, kdy jsou střídavě zapojeny jednotlivé motorické jednotky svalu. Tento tonus napomáhá rychlému provedení náhlé svalové kontrakce (Kolář et al., 2009; Trojan, Druga, Pfeiffer & Votava, 2005).

2.3 Biomechanika kolenního kloubu

Kolenní kloub patří mezi velmi složité klouby. Nároky se kladou nejen na stabilitu daného kloubu, ale také na jeho mobilitu (Kapandji, 1987). Při základním postavení v kolenním kloubu na sebe nasedají femur, oba menisky i tibie a jsou napjata

ligg. collateralia. V tomto případě hovoříme o plné extenzi v kloubu a o tzv. uzamknutém koleně. Za toto postavení může extenze ještě pokračovat o 5° do hyperextenze (Čihák, 2001).

V koleně probíhají pohyby pouze v sagitální rovině - flexe a extenze a označujeme tak kolenní kloub jako kloub s jedním stupněm volnosti. Pokud je v kolenním kloubu 80° flexe, můžeme hovořit o druhém stupni volnosti a možných maximálních rotačních pohybech (Čihák, 2001; Kapandji, 1987).

Pohyb v koleně ale není tak jednoduchý, dochází také k dalším souhybům přilehlých struktur. Ze základního postavení - uzamčeného kolena je prvních 5° flexe doprovázeno počáteční vnitřní rotací tibie, která se otáčí kolem osy jdoucí z hlavičky femuru doprostřed laterálního kondylu. Hovoříme tak o současném posuvném pohybu mediálního kondylu a rotačním pohybu laterálního kondylu a zároveň se uvolňuje lig. cruciatum anterius. Dochází tak k odemknutí kolena. Při fixované noze na podložce se femur otáčí zevně, pokud je noha volná, pootočí se bérce spolu se špičkou nohy směrem dovnitř.

V počátcích pohybu dochází tedy k rotačnímu pohybu, který je následován pohybem valivým. Tento souhyb probíhá v meniskofemorálních kloubech. V tomto případě se femur valí po tibii a meniscích směrem dopředu. Po valivém následuje posuvný (klouzavý) pohyb kondylů femuru po tibii směrem dozadu, a tím je flexe v koleně ukončena. Při flexi jsou kolaterální vazy uvolněné a aktivní flexe je možná do 120°, pasivní až do 140°.

V opačném pořadí pohybů probíhá extenze. Počáteční pohyb je posuvný směrem dopředu, na něj navazuje valivý pohyb femuru a extenze je ukončena závěrečnou zevní rotací tibie, a tím se koleno uzavírá. Při extenzi se pohybuje patella proximálně, naopak při flexi distálně. Při extenzi jsou kolaterální vazy napnuty (Čihák, 2001; Věle, 1997).

Rotace v kolenním kloubu je možná pouze za současné flexe. Laterální kondyl femuru se při zevní rotaci tibie pohybuje anteriorně a mediální zároveň posteriorně po mediálním kondylu tibie. Při pohybu tibie do vnitřní rotace se tomu děje přesně naopak (Kapandji, 1987). Rozsah vnitřní rotace se pohybuje mezi 5-10°, u zevní rotace, která závisí na stupni flexe, pak 30-50°. Pohyb do zevní rotace není jako jediný omezován zkříženými vazy (Čihák, 2001).

2.4 Adolescentní věk

Adolescence, jinak také věk mladistvý, či pubertální je předstupněm dospělosti. Nakonečný (1998) datuje toto období mezi konec 15. roku a závěr roku 18., resp. 20. Lamgmeier a Krejčířová (2006) uvádí jako období adolescence věk od 15 do 22 let. Většinou bývá ohraničeno ukončením povinné školní docházky a 18. rokem života.

Je to také období, kdy už jsou názory a postoje stabilnější, často jsou tito mladiství úspěšní v oblasti sportu nebo umění. Dochází také k současným změnám tělesným, psychickým i sociálním. Adolescenti se věnují již všem pohybovým aktivitám, je ukončen proces růstu a vývoje a je relativně završen vývoj osobnosti (Kol. autorů, 1997; Nakonečný, 1998).

Tělesný růst ale není u všech jedinců rovnoměrný, objevují se výrazné rozdíly mezi pohlavími, ale i v rámci nich. Mnohdy dochází k určité disharmonii postavy. V tomto období se motorika vyvíjí markantněji, než v období předcházejícím, jedinci získávají dovednosti silové, rozvíjí se i rovnováha a jemná pohybová koordinace (Langmeier & Krejčířová, 2006).

2.5 Sportovní úraz

Sportovním úrazem nazýváme takové poranění, ke kterému dojde v průběhu sportovní činnosti. Dochází k náhlému porušení celistvosti zdravé tkáně. Toto porušení nastává jednorázovým působením zevního násilí, při kterém dochází k překonání fyziologické hranice, za níž nastává dekompenzace zátěže a vzniká náhlé poškození tkáně (Bruoth & Dohnány, 1971; Delej, 2003; Horský & Huraj, 1987; Vorálek, 2007).

Jedním ze základních úkolů sportovců je právě předcházet těmto úrazům při plnění vytyčených cílů. Při výskytu poranění je vždy důležité počáteční určení jeho závažnosti, zejména co se dlouhodobé perspektivy zdraví sportovce týká. U mladých sportovců bývá často závažnost poranění a nutnost léčby upozadována i pod vlivem ambiciózních trenérů. Druhým problémem může být také předčasný začátek s nevhodnou sportovní aktivitou.

Z hlediska incidence zranění jsou kolenní klouby druhým nejčastěji postiženým kloubem, hned za poraněním kotníků (Pilný, 2007). To potvrzují i Kolář et. al. (2009), kteří uvádí, že poranění měkkých tkání kolene je typickým sportovním úrazem.

2.5.1 Příčiny vzniku sportovního úrazu

Ke sportovním úrazům může docházet z různých příčin. Horský a Huraj (1987) dělí příčiny na endogenní a exogenní, Pilný (2007) pak možné příčiny rozděluje do šesti různých skupin. Mezi endogenní příčiny jsou zařazeny nemoci, nedoléčená zranění, vrozené nebo získané vady pohybového systému sportovce, či narušení dynamického stereotypu.

Dále sem patří věk, pohlaví sportovce, snížená koncentrace, nebo porušování sportovních pravidel. Faktory jako kvalita terénu, povětrnostní podmínky, sportovní vybavení a pomůcky, omamně látky, jiná osoba, která zranění způsobí, pak řadíme mezi faktory exogenní (Horský & Huraj, 1987).

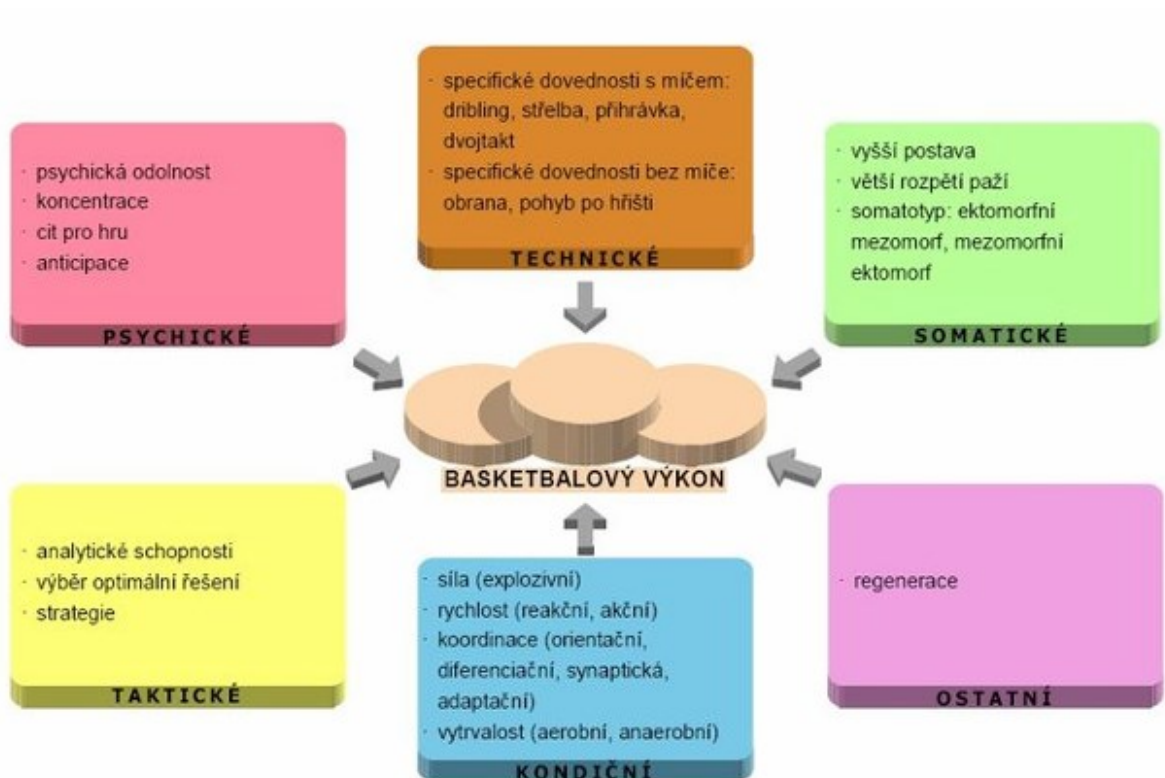
Podrobnější dělení do šesti skupin faktorů nacházíme u Pilného (2007). V první skupině hovoříme o osobních vlastnostech sportovce, jako jsou psychické a antropologické vlastnosti sportovce, jeho výkonnost, zdatnost a zdravotní stav. Další skupinu tvoří vliv druhé osoby jako je trenér, rodiče, spoluhráč nebo protihráč, případně rozhodčí. Ve třetí skupině najdeme objektivní příčiny vyplývající z daného sportovního odvětví, ve čtvrté pak klinické a hygienické podmínky. Poslední dvě skupiny tvoří technické vybavení a organizační činitel.

2.6 Basketbal

Basketbal řadíme mezi kolektivní míčové sporty, kdy proti sobě nastupují dvě družstva po pěti hráčích. Jde o všestranný sport, který klade nároky na rozvoj všech pohybových schopností s cílem dosažení co nejlepšího výkonu v utkání. Samotná hra se stále zrychluje a lze ji nazvat i "non-stop game" (Velenský, 1999). Z pohledu zatížení je basketbal řazen mezi sporty s intermitentním charakterem zatížení (Hůlka, Cuberek & Bělka, 2013).

Za zakladatele basketbalu je považován Dr. James Naismith, učitel v USA, který v roce 1891 oživil hodiny tělocviku pro své žáky v zimním období. Prapočátky tohoto sportu byly spojeny se dvěma koši od broskví, fotbalovým míčem a základními pravidly, která platí dodnes. Dokonce se basketbal dříve nazýval i "hrou v kleci", neboť hřiště bývala ohraničena drátěnou sítí. Od roku 1936 je basketbal také olympijským sportem.

Hra je charakteristická prudkými odrazy i dopady, vzrůstá herní agresivita. Jak již bylo naznačeno, basketbal se hraje na rovném hřišti o rozměrech 28x15 m, na jejichž koncích jsou dva koše ve výšce 3,05 m nad palubkovkou. Hra se skládá ze 4 částí trvajících 10 minut a hráči mají po zisku míče 24 sekund na zakončení (Mullin, 1995; www.fiba.com).



Obrázek 1. Faktory sportovního výkonu – basketbal (Bernaciková, Kapounková, Novotný et al., 2011)

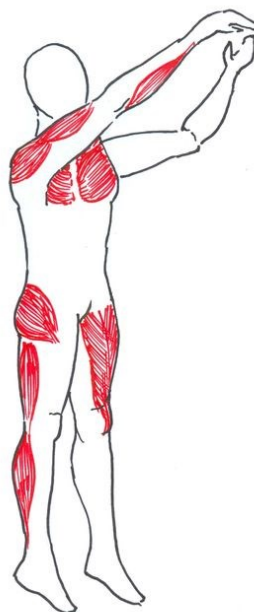
2.6.1 Nejčastější poranění v basketbalu

Problematika sportovních úrazů a jejich prevence, zejména u mladých sportovců je dnes velmi aktuálním tématem nejen pro sportovní lékaře. Incidence sportovního zranění je v adolescentním věku vysoká (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008; Mahler, 2015; Theisen, Malisoux, Seil & Urhausen, 2014; Thiel, Schubring, Schneider, Zipfel & Maxer, 2015). To může velmi ovlivnit vývoj další sportovní kariéry jedince.

Jak uvádí např. Schwebel a Brezaussek (2014), každou hodinu je v USA ošetřeno přes 37 mladých sportovců. Kolem 16. roku je hlavní příčinou zranění kolektivní sport. Basketbal je pátou nejčastější příčinou těchto zranění. Je nutné si uvědomit, že právě toto období je velmi citlivé na rozvoj síly, rovnováhy a pohybové koordinace (Langmeier & Krejčířová, 2006).

Vzhledem k charakteru hry dochází u basketbalistů často ke kontaktním poraněním. Nejčastějším typem poranění bývá postižení hlezenních nebo kolenních kloubů. Velké procento úrazu je ale také nekontaktního charakteru. V basketbalu je riziko poranění kolena dáno především častými dopady a prudkými změnami směru (Cochrane, Lloyd, Buttfield, Seward & McGivern, 2007; Hughes & Watkins, 2006; Pilný, 2007; Silvers & Mandelbaum, 2007; Thacker et al., 2003). Podromos et al. (2008) uvádí, že nejčastějším nekontaktním mechanismem poranění kolenního kloubu je těžký dopad na palubovku v poloze téměř plné extenze, kdy se koleno vychýlí do valgosity. Podle Hughes a Watkins (2006) vznikají nekontaktní poranění kolenního kloubu také kvůli nedostatečné úrovni stabilizačních (pasivních a dynamických) systémů kolena.

Mimo kloubních poranění se také objevují poranění svalového aparátu, která vznikají nejčastěji při nekoordinovaných pohybech. Dle stupně postižení hovoříme o distenzi - drobných mikroskopických trhlinkám ve svalu, částečném přetržení nebo úplném přetržení svalu (Pilný, 2007).



Obrázek 2. Nejvíce zatěžované svaly v basketbalu (Bernaciková, Kapounková, Novotný et al., 2011)

2.7 Únava

Únava je běžným průvodním jevem každé činnosti. Jedná se o jakýsi druh ochrany organismu před vyčerpáním. Jde o stav, kdy je výkonnost snižena na základě předcházející aktivity. Podle charakteru projevů rozdělujeme únavu na fyziologickou (nutnou) a únavu patologickou (akutní, chronickou).

Z pohledu převažujících projevů pak rozdělujeme únavu na celkovou nebo lokální (orgánovou) (Kol. autorů, 1997; Lehnert, Botek, Sigmund, Smékal et al., 2014). Lehnert et al. (2014) dělí únavu podle několika aspektů na fyzickou a mentální, lokální nebo globální, akutní, či chronickou, periferní a centrální, subjektivní a objektivní. Podle Scherrera (1995) jde většinou o kombinaci svalové, psychosenzorické a mentální únavy.

2.7.1 Fyziologická únava

Tento typ únavy se projevuje především postupným poklesem výkonnosti při činnostech, které nepřekračují pracovní kapacitu organismu. Fyziologická únava má několik stupňů od hyperémie pokožky, až po bolesti hlavy a specifický pocit únavy. Únavové změny nacházíme především na svaích. Zejména se jedná o zpomalenou

odpověď na kontrakční impuls, snížení svalové elasticity, změny v cévním zásobení nebo svalovém metabolismu. Tento druh únavy má svou dynamiku, hovoříme o cyklu zatížení - únava - zotavení, což je důležité zohlednit ve sportovním tréninku (Kol. autorů, 1997; Lehnert et al., 2014).

Latash (1998) uvádí, že mezi projevy svalové únavy patří bolest a tuhost svalů, svalový třes nebo křeče, pokles svalové síly, zhoršená kontrola pohybu. Při svalové práci dochází uvnitř svalu k chemickým a fyzikálním změnám jako je např. zvýšení parciálního tlaku oxidu uhličitého, zvýšení koncentrace vodíkových iontů nebo poklesu pH (Kol. autorů, 1997; Lehnert et al., 2014).

V průběhu basketbalového utkání dochází k výrazné změně poměru mezi ATP hydrolýzou a glykolýzou, a to vede ke změně koncentrace vodíkových iontů a laktátu a následným projevům únavy (Edge, Bishop, Hill-Haas, Dawson & Goodman, 2006).

2.7.2 Patologická únava

Patologická únava se objevuje, pokud zátěž přesáhne hranici fyziologické tolerance organismu. Rozeznáváme únavu fyzickou nebo psychickou, v praxi se ale oba typy vyskytují současně. Akutním typem patologické únavy je přetížení nebo schvácení, přepětí organismu. Chronická patologická únava vzniká při dlouhodobém nepoměru mezi zatížením a pracovní kapacitou (Kol. autorů, 1997).

Při přepětí dochází k dočasnému narušení normálních funkcí organismu a následnému vyčerpání spojenému s bolestmi hlavy, závratěmi a celkovou slabostí. Přetížení a přetrénování je typické spíše pro vrcholové sportovce.

Přetížení chápeme jako krátkodobé přetrénování, což je v kondičním tréninku přirozené. Pokud dochází k opakovanému a dlouhodobému překračování adaptační kapacity organismu hovoříme o přetrénování, což má za následek trvalejší pokles výkonnosti a často ke ztrátě sportovní formy (Lehnert et al., 2014).

2.7.3 Únava ve vztahu ke kolennímu kloubu

Únava ovlivňuje také funkci dynamických stabilizátorů kolenního kloubu. Jak uvádí Melnyk a Gollhofer (2007), únava je jedním z podstatných faktorů narušení koaktivace hamstringů, což vede ke snížení stability kolenního kloubu a často také k většímu riziku poranění zejména předního zkříženého vazů. To potvrzují Rozzi, Lephart, a Fu (1999), Latash (1998) i Theisen, Malisoux, Seil a Urhausen (2014), kteří uvádějí, že únava negativně ovlivňuje nervosvalovou komponentu dynamických

stabilizátorů kolenního kloubu, svalovou sílu a celkově stabilitu kolenního kloubu. V adolescentním věku je riziko poranění zejména ACL vyšší než v dospělé kategorii (Lehnert, Švarc, Laštovička & Vařeková, 2015).

Podle Sagnier a Tourny-Chollet (2007) a Wright, Ball a Wood (2009) je narušení funkce dynamických stabilizátorů spojeno s odlišným počtem rychlých vláken anteriorní a posteriorní skupiny dynamických stabilizátorů. Hamstringy mají více rychlých vláken, tím jsou více náchylné k únavě než m. quadriceps femoris a tento nepoměr může ovlivnit celkovou stabilitu kolenního kloubu.

I z toho důvodu je doporučeno předsezónní izokinetické testování sportovců s cílem předejít co největšímu počtu zranění způsobeného svalovou nerovnováhou a následný trénink zaměřit zejména na flexorovou skupinu svalů stehna v excentrickém režimu (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008).

2.8 Poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu

Poměr svalové síly hamstringů a m. quadriceps femoris slouží k posouzení míry rizika zranění a připravenosti sportovců k soutěžení (Croisier, Reveillon, Ferret, Cotte & Genty, 2003; Houweling, Head & Hamzeh, 2009; Lehance, Binet, Bury & Croisier, 2009; Warren & Heusel, 2001). Můžeme posuzovat poměr konvenční (H/Qc) a funkční (H/Qf).

H/Qc je poměr svalové síly hamstringů (H) a m. quadriceps femoris (Q) při koncentrické kontrakci. Při zjištěné hodnotě v případě úhlové rychlosti 60°/s menší než 0,7 je pravděpodobnost výskytu zranění H vyšší. H/Qc poměr poukazuje na svalovou dysbalanci.

H/Qf poměr je poměrem hodnot svalové síly při excentrické kontrakci H a koncentrické kontrakci Q. Poměr H/Qf je vyjádřením schopnosti H brzdit pohyb prováděný se zapojením Q (Delextrat, Gregory & Cohen, 2010; De Ste Croix, 2007; Dvir, 2004). Stejně jako u konvenčního poměru, je i u funkčního poměru považována za rizikovou hodnota menší než 0,7. V této situaci dochází k narušení dynamické stability kolenního kloubu a k výrazně vyššímu riziku výskytu poranění hamstringů, či měkkých tkání v oblasti kolena (Ayala, De Ste Croix, Sainz de Baranda & Santonja, 2012; Dauty, Potiron & Rochcongar, 2003).

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem diplomové práce je zjistit vliv specifického únavového protokolu na peak torque flexorů a extenzorů kolenního kloubu, na konvenční a funkční H/Q poměr a na reaktivní sílu basketbalistů kategorie U16 a U18.

3.2 Výzkumné otázky

- 1) Jaký je vliv specifického únavového protokolu na PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu u sledovaných basketbalistů kategorie U16 a U18?
- 2) Jaký je vliv specifického únavového protokolu na konvenční H/Q poměr u sledovaných basketbalistů kategorie U16 a U18?
- 3) Jaký je vliv specifického únavového protokolu na funkční H/Q poměr u sledovaných basketbalistů kategorie U16 a U18?
- 4) Jaký je vliv specifického únavového protokolu na RSI u sledovaných basketbalistů kategorie U16 a U18?
- 5) Budou se u sledovaných skupin basketbalistů kategorie U16 a U18 střední hodnoty PT, H/Q poměrů a RSI významně lišit před a po únavovém protokolu?

4 METODIKA MĚŘENÍ

Výzkum byl schválen Etickou komisí UP Palackého v Olomouci (Příloha 1). Do výzkumu byli zařazeni pouze zdraví jedinci. Prostřednictvím dotazníku byly zjišťovány možné limity (předchozí poranění) a další doplňující informace týkající se např. dominance končetin. Týden před samotným měřením se probandi zúčastnili nácviku únavového protokolu a antropometrické analýzy. Sportovci byli také poučeni, aby se minimálně 24 hod. před prováděným měřením izokinetické svalové síly vyhýbali intenzivnímu cvičení.

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo celkem 29 basketbalistů hrajících na vrcholové úrovni (Tabulka 1). Tento soubor adolescentních basketbalistů byl rozdělen dle věku do dvou skupin U16 (N=11) (Tabulka 2) a U18 (N=18) (Tabulka 3). Všichni probandi byli seznámeni s cílem, průběhem a organizací testování a podstatou izokinetické dynamometrie.

Tabulka 1. Antropometrické charakteristiky výzkumného souboru (průměr a směrodatná odchylka, (N=29))

Věk	17,1±0,9 let
Výška	187±7,4 cm
Hmotnost	77±9 kg

Tabulka 2. Průměrné antropometrické charakteristiky výzkumného souboru U16 (N=11)

Věk	16,1±0,4 let
Výška	185±0,5 cm
Hmotnost	74±9,9 kg

Tabulka 3. Průměrné antropometrické charakteristiky výzkumného souboru U18 (N=18)

Věk	17,7±0,5 let
Výška	188,8±7,9 cm
Hmotnost	79,1±8,2 kg

4.2 Postup měření

Měření probíhalo dle předem dohodnutého harmonogramu v srpnu 2015 v prostorách FTK UP v Olomouci. Před samotným měřením se všichni testovaní sportovci podrobili řízenému nespécifickému rozcvičení, které obsahovalo:

- 1) šlapání na statickém bicyklovém ergometru při zatížení 1.5 W/kg v délce 5 min.
- 2) dynamický strečing hlavních svalových skupin v délce 6 min.
- 3) 15 podřepů.

Následné vstupní měření obsahovalo test reaktivní síly a měření izokinetické svalové síly dolních končetin. Po tomto vstupním měření absolvovali všichni probandi specifický únavový protokol určený pro basketbal a měření se opakovala ve stejném pořadí.

4.2.1 Izokinetická dynamometrie

Pro měření síly dominantní i nedominantní dolní končetiny během koncentrické a excentrické reakce kolenních flexorů a koncentrické reakce kolenních extenzorů byl využit izokinetický dynamometr IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany).

Probandi byli testováni v pozici vsedě s úhlem 100° v kyčelních kloubech. Pro stabilizaci v této pozici byly využity fixační popruhy pro měřenou dolní končetinu a ramenní stabilizátory. Sportovci byli instruováni, aby se během testování pevně drželi za držáky umístěné vedle sedadla. Úhel rotace dynamometru odpovídá úhlu rotace kolenního kloubu. Rameno dynamometru je uchyceno k distální části holeně.

Testovaný rozsah pohybu se pohyboval mezi 10-90° flexe v koleni (0° = plná extenze). Testovací protokol zahrnoval vždy 2 série kontrakcí (zahřívací a testovací). Testovány byly hamstringy i m. quadriceps v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 60°/s a 180°/s a hamstringy v excentrickém režimu při úhlové rychlosti 60°/s a 180°/s.

Mezi jednotlivými testy proběhla pauza v trvání 1 min. V rámci prvního zahřívacího měření provedli sportovci 4 až 5 pokusů s postupným nárůstem svalové síly. Po třicetisekundové pauze podstoupili probandi 3 pokusy maximálním úsilím.

Během měření sportovec sledoval průběh měření na monitoru dynamometru a byl instruován i verbálními pokyny výzkumníků, aby při testování co nejvíce a co nejrychleji zatlačil (koncentrická reakce) nebo co nejvíce při testu brzdil (excentrická reakce).

Jako první byla měřena pravá dolní končetina, po 3 minutách pak levá. Pro vyhodnocení izokinetické síly byl monitorován absolutní peak torque (PT) a tento ukazatel byl později použit pro výpočet funkčního poměru excentrické kontrakce hamstringů a koncentrické reakce quadricepsu (H/Qc).

4.2.2 Měření reaktivní síly

RSI (relative strength index) je individuální schopnost přechodu z excentrické do koncentrické kontrakce během cyklu natažení - zkrácení. K zjištění RSI bylo využito přístroje Optojump next (Microgate, Bolzano, Italy), které u testovaných basketbalistů opticky snímalo dobu kontaktu nohou na podložce a dobu letové fáze. Na základě zjištěných hodnot byla dle příslušného vzorce vypočítána hodnota RSI.

4.2.3 Únavový protokol

Pro potřeby testování basketbalistů byl využit specifický únavový protokol BUP28 (Hůlka, Lehnert & Bělka, submitted). Při tvorbě tohoto protokolu vycházeli autoři z předchozích studií zabývajících se zatížením hráčů v utkání. V rámci specifického basketbalového protokolu absolvovali hráči stejně jako v utkání čtyři měřená období s identickými přestávkami jako v reálném utkání.

Mezi prvním a druhým obdobím byla přestávka 2 min., mezi druhým a třetím pak přestávka 15 min. V rámci každého období absolvovali basketbalisté sedmnáct měřených úseků (Obrázek 3), které překonávali maximální, submaximální (3 až 5 m·s⁻¹) a nízkou intenzitou (1,5 až 3 m·s⁻¹) a stojem v délce 15 s.

Pro měření prvního úseku prováděného maximální intenzitou byly využity fotobuňky s přesností na setiny sekundy, pro zbylé dva pak ruční měření stopkami.

4.2.3.1 Popis měřených úseků v rámci BUP28

Před každým druhým startem provést výskok na desku.

Úsek 1: Běh maximální intenzitou, zastavit u kužele, dotknout se ho rukou.

Úsek 2: Pohyb v obranném postoji, levá noha vpředu, zašlápnout levou nohou roh vymezeného území.

Úsek 3: Pohyb v obranném postoji, pravá noha vpředu, zašlápnout pravou nohou průsečík základní čáry a čáry vymezeného území.

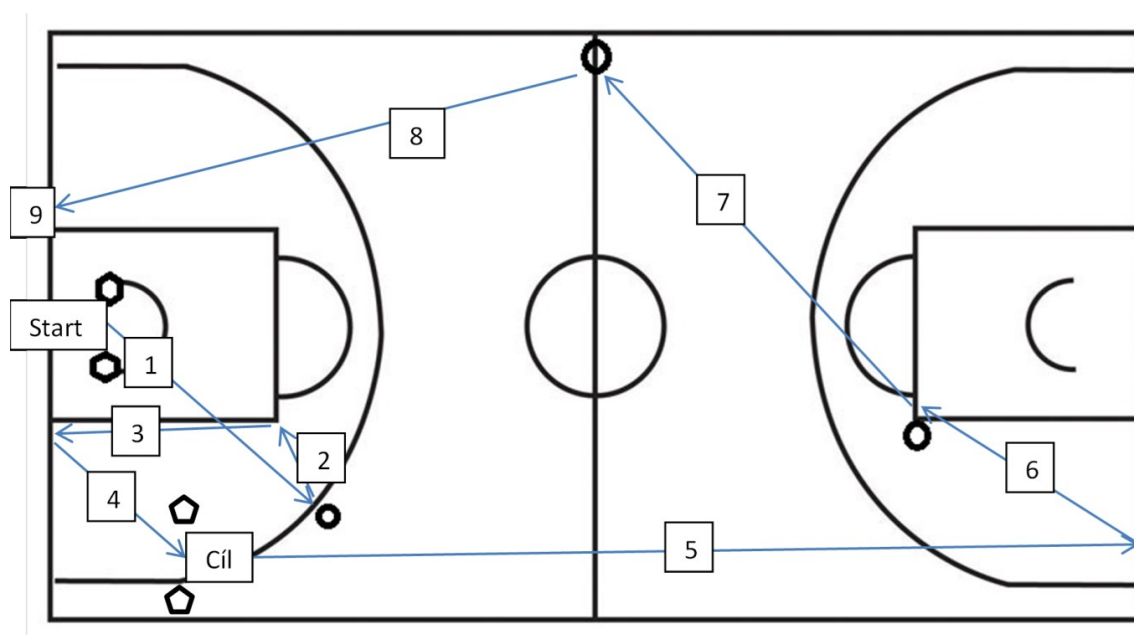
Úsek 4: Běh maximální intenzitou.

Úsek 5: Běh střední intenzitou po půlící čáře, na ní přechod do běhu pozpátku.

Úsek 6: Pohyb v obranném postoji střední intenzitou.

Úsek 7+8: Chůze.

Úsek 9: Stoj na místě.



Obrázek 3. Schéma měřených úseků testu BUP28 (Pětúhelníky označují umístění fotobuněk; kolečka označují kužely.)

4.2.4 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování dat byl použit software STATISTICA 10. U všech sledovaných parametrů byla provedena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr a směrodatná odchylka). Statistická významnost rozdílů mezi jednotlivými měřeními byla stanovena párovým t-testem, mezi skupinami nepárovým t-testem. Stanovení významnosti rozdílů bylo posuzováno na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY

Výsledky ukazují signifikantní změnu ($p < 0,05$) v hodnotě RSI pouze v kategorii U16 (Tabulka 4).

Tabulka 4. Střední hodnoty RSI před a po absolvování únavového protokolu u sledovaných skupin

Skupina	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
U16	0,486	0,076	0,539	0,128	0,05	2,72	0,021*
U18	0,411	0,062	0,425	0,064	0,01	1,51	0,148

Vysvětlivky:

M ... průměr

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti ($*p < 0,05$)

Při porovnání RSI mezi oběma skupinami nacházíme statisticky významný rozdíl před i po absolvování únavového protokolu. Tento rozdíl se zvýšil po absolvování únavového protokolu (Tabulka 5).

Tabulka 5. Střední hodnoty RSI a porovnání sledovaných skupin před a po absolvování únavového protokolu

Před únavovým protokolem					
U16	SD	U18	SD	/t/	p
0,49	0,08	0,41	0,06	2,91	0,007**

Po únavovém protokolu					
U16	SD	U18	SD	/t/	p
0,54	0,13	0,42	0,06	3,20	0,003**

Vysvětlivky:

M ... průměr

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti (**p < 0,01)

V případě svalové síly extenzorů kolena v kategorii U16 byly statisticky významné pouze změny v koncentrickém režimu dominantní dolní končetiny v úhlové rychlosti 60°/s (Tabulka 6).

Tabulka 6. Střední hodnoty PT extenzorů kolenního kloubu před a po absolvování únavového protokolu u skupiny U16

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_Q_C60	210,76	30,78	199,05	32,62	11,71	2,38	0,039*
DDK_Q_C180	201,24	41,44	200,16	43,78	1,07	0,11	0,913
NDK_Q_C60	195,96	25,80	189,41	25,60	6,55	1,01	0,337
NDK_Q_C180	196,65	35,04	200,03	41,75	3,37	0,54	0,604

Vysvětlivky:

DDK_Q_C60 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu

DDK_Q_C180 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu

NDK_Q_C60 ... PT m. quadriceps nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu

NDK_Q_C180 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu

M ... průměr

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti (*p < 0,05)

V kategorii U18 byly stejně jako u kategorie U16 statisticky významné změny PT sledovány u extenzorů kolena v koncentrickém režimu dominantní dolní končetiny v úhlové rychlosti 60°/s (Tabulka 7).

Tabulka 7. Střední hodnoty PT extenzorů kolenního kloubu před a po absolvování únavového protokolu u skupiny U18

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_Q_C60	245,31	48,16	234,97	44,33	10,34	2,14	0,047*
DDK_Q_C180	233,13	50,23	236,30	37,33	3,17	0,40	0,697
NDK_Q_C60	244,67	42,08	234,95	40,40	9,72	1,99	0,063
NDK_Q_C180	234,48	44,44	235,81	47,43	1,32	0,24	0,809

Vysvětlivky:

- DDK_Q_C60 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
- DDK_Q_C180 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
- NDK_Q_C60 ... PT m. quadriceps nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
- NDK_Q_C180 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
- M ... průměr
- SD ... směrodatná odchylka
- /d/ ... diference
- /t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu
- p ... hladina statistické významnosti (*p< 0,05)

Výsledky porovnání svalové síly extenzorů obou skupin naznačují, že po absolvování únavového protokolu byly zjištěny statisticky významné rozdíly ve všech sledovaných parametrech, zatím co před absolvováním únavového protokolu byl statisticky významný rozdíl sledován u nedominantní dolní končetiny, u dominantní končetiny v koncentrickém režimu při úhlové rychlosti 60°/s (Tabulka 8).

Tabulka 8. Střední hodnoty svalové síly extenzorů a porovnání sledovaných skupin

	Před únavovým protokolem					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_Q_C60	210,75	30,78	245,31	48,16	2,12	0,043*
DDK_Q_C180	201,24	41,44	233,13	50,23	1,77	0,088
NDK_Q_C60	195,96	25,80	244,67	42,08	3,45	0,002**
NDK_Q_C180	196,65	35,04	234,48	44,44	2,40	0,024*

	Po únavovém protokolu					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_Q_C60	199,05	32,62	234,97	44,33	2,32	0,030*
DDK_Q_C180	200,16	43,78	236,30	37,33	2,37	0,025*
NDK_Q_C60	189,41	25,60	234,95	40,40	3,34	0,002**
NDK_Q_C180	200,03	41,75	235,81	47,43	2,06	0,049*

Vysvětlivky:

DDK_Q_C60 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu

DDK_Q_C180 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu

NDK_Q_C60 ... PT m. quadriceps nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu

NDK_Q_C180 ... PT m. quadriceps dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu

SD ... směrodatná odchylka

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti (*p< 0,05;**p<0,01)

Výsledky testování hamstringů u kategorie U16 naznačují statisticky významnou změnu před a po absolvování únavového protokolu při excentrickém režimu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s. U nedominantní DK se změny projeví v koncentrickém režimu při úhlové rychlosti 180°/s (Tabulka 9).

Tabulka 9. Střední hodnoty PT flexorů kolenního kloubu před a po absolvování únavového protokolu u skupiny U16

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_H_C60	155,11	29,16	157,55	29,60	2,44	0,46	0,653
DDK_H_C180	182,72	34,39	182,12	31,99	0,60	0,13	0,900
DDK_H_E60	167,91	35,13	157,52	28,30	10,39	2,71	0,022*
DDK_H_E180	206,45	34,03	197,74	34,03	8,71	2,08	0,064
NDK_H_C60	143,66	22,06	146,18	27,96	2,52	0,54	0,598
NDK_H_C180	177,73	27,09	163,80	25,30	19,93	3,73	0,004**
NDK_H_E60	157,68	22,27	153,58	27,76	4,10	0,95	0,366
NDK_H_E180	199,39	26,63	201,30	27,69	1,91	1,27	0,231

Vysvětlivky:

DDK_H_C60 ...	PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
DDK_H_C180 ...	PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
DDK_H_E60 ...	PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu
DDK_H_E180 ...	PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v excentrickém režimu
NDK_H_C60 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
NDK_H_C180 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
NDK_H_E60 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu
NDK_H_E180 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v excentrickém režimu
M ...	průměr
/d/ ...	diference
SD ...	směrodatná odchylka
/t/ ...	hodnota testovacího kritéria t-testu
p ...	hladina statistické významnosti (*p< 0,05, **p<0,01)

Ve sledované skupině U18 byly statisticky významné změny sledovány u dominantní dolní končetiny v obou sledovaných úhlových rychlostech v excentrickém režimu a u nedominantní dolní končetiny při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu (Tabulka 10).

Tabulka 10. Střední hodnoty PT flexorů kolenního kloubu před a po absolvování únavového protokolu u skupiny U18

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_H_C60	169,09	27,26	167,76	24,29	1,33	0,29	0,772
DDK_H_C180	197,93	30,87	198,24	26,59	0,31	0,06	0,952
DDK_H_E60	185,49	30,42	171,28	28,75	14,21	3,71	0,002**
DDK_H_E180	225,78	25,89	216,78	27,55	9,00	3,03	0,007**
NDK_H_C60	164,08	29,48	157,12	30,91	5,96	1,04	0,311
NDK_H_C180	193,72	30,20	191,93	28,47	1,79	0,43	0,675
NDK_H_E60	169,57	34,28	157,54	28,33	12,03	2,90	0,010**
NDK_H_E180	221,67	32,57	217,53	32,00	4,14	1,27	0,220

Vysvětlivky:

- DDK_H_C60 ... PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
- DDK_H_C180 ... PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
- DDK_H_E60 ... PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu
- DDK_H_E180 ... PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v excentrickém režimu
- NDK_H_C60 ... PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
- NDK_H_C180 ... PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
- NDK_H_E60 ... PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu
- NDK_H_E180 ... PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v excentrickém režimu
- M ... průměr
- /d/ ... diference
- SD ... směrodatná odchylka

/t/ ...

hodnota testovacího kritéria t-testu

p ...

hladina statistické významnosti (*p< 0,05, **p<0,01)

Výsledky porovnání svalové síly hamstringů obou skupin naznačují, že statisticky významný rozdíl po absolvování únavového protokolu byl sledován pouze u nedominantní DK v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 180°/s, před absolvováním únavového protokolu nebyly nalezeny žádné signifikantní rozdíly (Tabulka 11).

Tabulka 11. Střední hodnoty svalové síly flexorů a porovnání sledovaných skupin

	Před únavovým protokolem					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_H_C60	155,11	29,16	169,09	27,36	1,30	0,204
DDK_H_C180	182,72	34,39	197,93	30,87	1,23	0,228
DDK_H_E60	167,91	35,13	185,49	30,42	1,42	0,166
DDK_H_E180	206,45	30,34	225,78	25,89	1,83	0,079
NDK_H_C60	143,66	22,06	164,08	29,47	1,98	0,058
NDK_H_C180	177,73	27,09	193,72	30,20	1,43	0,162
NDK_H_E60	157,68	27,76	169,57	34,28	1,02	0,316
NDK_H_E180	199,39	27,69	221,67	32,57	1,91	0,067

	Po únavovém protokolu					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_H_C60	157,55	29,60	167,76	24,29	1,01	0,320
DDK_H_C180	182,12	32,00	198,24	26,59	1,47	0,154
DDK_H_E60	157,52	28,30	171,28	28,75	1,26	0,219
DDK_H_E180	197,74	34,03	216,78	27,55	1,65	0,110
NDK_H_C60	146,18	27,96	158,12	30,91	1,04	0,305
NDK_H_C180	163,80	25,30	191,93	28,47	2,69	0,012*
NDK_H_E60	153,58	27,76	157,54	28,33	0,37	0,716
NDK_H_E180	201,3	27,69	217,53	32,00	1,39	0,175

Vysvětlivky:

DDK_H_C60 ... PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu

DDK_H_C180 ... PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu

DDK_H_E60 ...	PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu
DDK_H_E180 ...	PT hamstringů dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v excentrickém režimu
NDK_H_C60 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v koncentrickém režimu
NDK_H_C180 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu
NDK_H_E60 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu
NDK_H_E180 ...	PT hamstringů nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v excentrickém režimu
SD ...	směrodatná odchylka
/t/ ...	hodnota testovacího kritéria t-testu
p ...	hladina statistické významnosti (*p< 0,05)

Při sledování konvenčního H/Q poměru u kategorie U16 i U18 nebyly nalezeny žádné statisticky významné změny (Tabulka 12; Tabulka 13).

Tabulka 12. Střední hodnoty konvenčního H/Q poměru dominantní a nedominantní DK u skupiny U16

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_H/Qc_60	0,72	0,07	0,80	0,16	0,08	1,62	0,136
DDK_H/Qc_180	0,92	0,15	0,94	0,23	0,02	0,23	0,824
NDK_H/Qc_60	0,74	0,07	0,78	0,16	0,04	0,77	0,458
NDK_H/Qc_180	0,93	0,14	0,84	0,18	0,09	1,97	0,078

Vysvětlivky:

DDK_H_Qc_60 ...	konvenční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s
DDK_H_Qc_180 ...	konvenční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s
NDK_H_Qc_60 ...	konvenční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

NDK_H_Qc_180 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti

Tabulka 13. Střední hodnoty konvenčního H/Q poměru dominantní a nedominantní DK u skupiny U 18

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_H/Qc_60	0,70	0,16	0,74	0,18	0,04	1,45	0,166
DDK_H/Qc_180	0,86	0,20	0,85	0,15	0,01	0,20	0,843
NDK_H/Qc_60	0,67	0,11	0,68	0,12	0,01	0,27	0,791
NDK_H/Qc_180	0,82	0,12	0,83	0,12	0,01	0,29	0,774

Vysvětlivky:

DDK_H_Qc_60 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

DDK_H_Qc_180 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

NDK_H_Qc_60 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

NDK_H_Qc_180 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti

Při sledování rozdílů mezi skupinami byly zjištěny statisticky významné u konvenčního H/Q poměru nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s v koncentrickém režimu pouze před absolvováním únavového protokolu (Tabulka 14).

Tabulka 14. Střední hodnoty konvenčního H/Q poměru a porovnání sledovaných skupin před a po absolvování únavového protokolu

	Před únavovým protokolem					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_H/Qc_60	0,72	0,07	0,70	0,16	0,43	0,671
DDK_H/Qc_180	0,92	0,15	0,86	0,20	0,87	0,394
NDK_H/Qc_60	0,74	0,07	0,67	0,11	1,78	0,086
NDK_H/Qc_180	0,93	0,14	0,82	0,12	2,32	0,028*

	Po únavovém protokolu					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_H/Qc_60	0,80	0,16	0,74	0,19	0,94	0,354
DDK_H/Qc_180	0,94	0,23	0,85	0,15	1,23	0,229
NDK_H/Qc_60	0,78	0,16	0,68	0,12	1,97	0,058
NDK_H/Qc_180	0,84	0,18	0,83	0,12	0,30	0,762

Vysvětlivky:

DDK_H_Qc_60 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

DDK_H_Qc_180 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

NDK_H_Qc_60 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

NDK_H_Qc_180 ... konvenční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti (*p< 0,05)

Při sledování hodnot funkčního H/Q poměru nebyly u sledovaných kategorií U16 a U18 zjištěny žádné statisticky významné změny (Tabulka 15; Tabulka 16).

Tabulka 15. Střední hodnoty funkčního H/Q poměru dominantní a nedominantní DK u skupiny U16

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_H/Qf_60	0,78	0,64	0,80	0,16	0,02	0,42	0,686
DDK_H/Qf_180	1,05	0,22	1,02	0,26	0,03	0,31	0,761
NDK_H/Qf_60	0,81	0,10	0,82	0,18	0,01	0,25	0,806
NDK_H/Qf_180	1,04	0,17	1,03	0,19	0,01	0,26	0,798

Vysvětlivky:

DDK_H_Qf_60 ... funkční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

DDK_H_Qf_180 ... funkční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

NDK_H_Qf_60 ... funkční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

NDK_H_Qf_180 ... funkční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

SD ... směrodatná odchylka

/d/ ... diference

/t/ ... hodnota testovacího kritéria t-testu

p ... hladina statistické významnosti

Tabulka 16. Střední hodnoty funkčního H/Q poměru dominantní a nedominantní DK u skupiny U18

	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu		/d/	/t/	p
	M	SD	M	SD			
DDK_H/Qf_60	0,77	0,18	0,75	0,18	0,02	1,11	0,282
DDK_H/Qf_180	0,98	0,18	0,93	0,12	0,05	1,96	0,066
NDK_H/Qf_60	0,69	0,10	0,67	0,10	0,02	1,11	0,282
NDK_H/Qf_180	0,94	0,09	0,94	0,10	0,002	0,11	0,913

Vysvětlivky:

DDK_H_Qf_60 ... funkční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s

DDK_H_Qf_180 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s
NDK_H_Qf_60 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s
NDK_H_Qf_180 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s
SD ...	směrodatná odchylka
/d/ ...	diference
/t/ ...	hodnota testovacího kritéria t-testu
p ...	hladina statistické významnosti

Při sledování funkčního H/Q poměru byly zjištěny statisticky významné rozdíly u nedominantní DK před únavovým protokolem v obou sledovaných úhlových rychlostech 60°/s a 180°/s, po absolvování únavového protokolu pouze u úhlové rychlosti 60°/s (Tabulka 17).

Tabulka 17. Střední hodnoty funkčního H/Q poměru a porovnání sledovaných skupin

	Před únavovým protokolem					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_H/Qf_60	0,78	0,06	0,77	0,18	0,08	0,940
DDK_H/Qf_180	1,05	0,22	0,98	0,19	0,93	0,363
NDK_H/Qf_60	0,81	0,10	0,69	0,10	2,95	0,006**
NDK_H/Qf_180	1,04	0,17	0,94	0,09	2,26	0,032*

	Po únavovém protokolu					
	U16	SD	U18	SD	/t/	p
DDK_H/Qf_60	0,80	0,16	0,75	0,19	0,75	0,461
DDK_H/Qf_180	1,02	0,25	0,93	0,12	1,32	0,199
NDK_H/Qf_60	0,82	0,18	0,67	0,10	2,88	0,008**
NDK_H/Qf_180	1,03	0,19	0,93	0,10	1,78	0,087

Vysvětlivky:

DDK_H_Qf_60 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s
DDK_H_Qf_180 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu dominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s

NDK_H_Qf_60 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s
NDK_H_Qf_180 ...	funkční poměr hamstringů a quadricepsu nedominantní DK při úhlové rychlosti 180°/s
SD ...	směrodatná odchylka
/d/ ...	diference
/t/ ...	hodnota testovacího kritéria t-testu
p ...	hladina statistické významnosti (*p< 0,05, **p<0,01)

6 DISKUZE

V basketbalu jsou zranění spojena s častými kontakty s protihráči, těžkými dopady na palubovku, nekontrolovanými rychlými změnami směru apod. S tím souvisí fakt, že právě kolenní kloub a jeho přilehlé struktury bývají poraněny velmi často (Cochrane, Lloyd, Buttfield, Seward & McGivern., 2007; Hughes & Watkins, 2006; Pilný, 2007; Podromos et al., 2008; Silvers & Mandelbaum, 2007; Thacker et al., 2003).

Co se lokalizace poranění týká, velmi vysoká incidence je sledována v oblasti předního zkříženého vazy, ale také v oblasti m. quadriceps femoris (Podromos et al., 2008). Na základě těchto skutečností byla i tato práce zaměřena zejména na oblast kolenního kloubu a jeho flexorovou a extenzorovou svalovou skupinu. Z biomechanického hlediska jsou totiž za synergisty ACL považovány hamstringy, m. quadriceps femoris pak naopak napomáhá správné funkci PCL (Nýdrle & Veselá, 1992).

Další častou příčinou vzniku sportovního úrazu bývá únava. Větší procento výskytu poranění ACL může právě souviset také se skutečností, že únava narušuje mimo jiné svalovou koaktivaci hamstringů, které obsahují více rychlých vláken podléhajících rychlejší únavě, a tím je více ohroženo ACL (Chavez, et al., 2013; Melnyk & Gollhofer, 2007; Sagnier & Tourny-Chollet, 2007, Theisen et al., 2014).

Hlavním cílem diplomové práce je zjistit vliv specifického únavového protokolu na peak torque flexorů a extenzorů kolenního kloubu, na konvenční a funkční H/Q poměr a na reaktivní sílu basketbalistů kategorie U16 a U18.

Hodnoty zjištěné u sledovaných ukazatelů před a po absolvování specifického únavového protokolu BUP28 poukazují na signifikantní rozdíl zejména v oblasti RSI, kdy byl pozorován statisticky významný nárůst hodnot u kategorie U16 po absolvování BUP28. Při porovnání obou skupin byl zjištěn statisticky významný rozdíl před i po absolvování BUP28. Paradoxně došlo u sledovaného parametru k nárůstu hodnot, obě skupiny reagovaly na únavový protokol podobně.

Většina prací zkoumajících vliv specifického únavového protokolu na PT kolenních stabilizátorů, RSI a H/Q poměry ve sportovních hrách je zaměřena na fotbal, a proto jsou získaná data nejčastěji porovnávána s dosaženými výsledky zkoumání u fotbalistů.

K podobně paradoxním výsledkům došli při sledování RSI po absolvování specifického únavového protokolu také Lehnert et al. (submitted).

Na základě dřívějších poznatků týkajících se dozrávání nervové soustavy a vlivu únavy na nervosvalovou koordinaci by se dalo předpokládat, že tyto hodnoty budou klesat. Paradoxně došlo ale k nárůstu hodnot RSI, což odporuje zjištění při testování fotbalistů kategorie U16 (Lehnert et al., 2015) i U15 (Lehnert, De Ste Croix, Zaatari, Hughes, Varekova & Lastovicka, in press). V těchto studiích byl zjištěn statisticky významný pokles hodnot RSI po absolvování specifického fotbalového protokolu v uvedených kategoriích.

Vztah únavy a stability kolenního kloubu je, jak uvádí Latash (1998), narušen také v oblasti svalové síly a možnosti kontrolovaného pohybu (Theisen et al., 2014). V adolescentním věku je riziko poranění zejména ACL vyšší než v dospělé kategorii (Lehnert et al., 2015). Narušení svalové rovnováhy pak hraje klíčovou roli při poranění hamstringů. Z tohoto důvodu byla dalším sledovaným parametrem v této práci izokinetická svalová síla extenzorů a flexorů kolenního kloubu, resp. PT její střední hodnoty.

Po absolvování specifického únavového protokolu byl zjištěn vliv na PT extenzorů v kategorii U16 i U18 při koncentrickém režimu DDK v úhlové rychlosti 60°/s. V kategorii U16 byl sledován pokles hodnot PT extenzorů přibližně o 6 % (Tabulka 6), u U18 4 % (Tabulka 7). Zjištěné výsledky naznačují, že u obou kategorií je podobný trend změny hodnot PT extenzorů.

V úhlové rychlosti 180°/s nebyl pozorován u skupiny U16 statisticky významný rozdíl před a po BUP28 u DDK, ani u NDK. U DDK došlo k nepatrnému poklesu PT extenzorů, u NDK ale k mírnému zvýšení naměřených hodnot (Tabulka 6). U skupiny U18 byl sledován nárůst hodnot PT extenzorů u obou DDK v úhlové rychlosti 180°/s bez statistické významnosti (Tabulka 7).

Při sledování změn hodnoty PT extenzorové svalové skupiny před a po absolvování BUP28 mezi oběma skupinami byl zjištěn opačný trend vývoje jednotlivých kategorií u extenzorů DDK v koncentrickém režimu v úhlové rychlosti 180°/s. V kategorii U16 došlo po absolvování BUP28 k nepatrnému snížení hodnoty PT extenzorů, naopak u kategorie U18 došlo po absolvování BUP28 k mírnému nárůstu PT extenzorů. V úhlové rychlosti 60 °/s by zjištěn statisticky významný rozdíl před i po absolvování BUP28, snížení hodnot po BUP28 má pro obě kategorie podobný trend (Tabulka 8).

Na základě těchto výsledků se lze domnívat, že u starší věkové kategorie může hrát roli vyzrálejší nervová soustava a následná lepší neuromuskulární kontrola. Dalším možným vysvětlením by mohl být i vliv BUP28, který je stále ještě ve fázi ověřování. Velikost zatížení vyvolaného únavovým protokolem nemusela být pro kategorii U18 dostačující.

Specifický únavový protokol měl u kategorie U16 signifikantní vliv na hodnoty PT flexorů DDK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu a NDK v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 180°/s. V kategorii U18 byl sledován signifikantní vliv specifického únavového protokolu na PT flexorů v excentrickém režimu, a to u DDK při úhlové rychlosti 60°/s a 180°/s, u NDK při úhlové rychlosti 60°/s.

Při sledování změn v oblasti flexorů kolenního kloubu byl u kategorie U16 zjištěn statisticky významný rozdíl po absolvování BUP28 u DDK v excentrickém režimu v úhlové rychlosti 60°/s a u NDK v koncentrickém režimu v úhlové rychlosti 180°/s (Tabulka 9). V kategorii U18 byly sledovány stejně jako u U16 statisticky významné rozdíly po absolvování BUP28 u DDK v excentrickém režimu v úhlové rychlosti 60°/s, ale navíc také v úhlové rychlosti 180°/s. U NDK došlo ke změně v excentrickém režimu v úhlové rychlosti 60°/s (Tabulka 10).

U flexorové skupiny byl sledován statisticky významný rozdíl mezi skupinami před a po absolvování BUP28 u NDK v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 180°/s. Klesající trend hodnot PT flexorů po absolvování BUP28 byl sledován u obou kategorií. Pokles naměřených hodnot přibližně o 8 % lze sledovat u kategorie U16, u U18 šlo o nepatrný pokles přibližně o 1 % (Tabulka 11). Zjištěné výsledky by mohly souviset s vyšším podílem rychlých svalových vláken ve flexorové skupině kolenních stabilizátorů, s čímž souvisí rychlejší nástup svalové únavy.

K podobným výsledkům - snížení PT při zkoumání izokinetické svalové síly flexorové skupiny v excentrickém režimu, ale rozdílné úhlové rychlosti 180°/s a 300°/s došel také Greig, 2008. Objektem testování byli dospělí profesionální fotbalisté (n=10).

Na základě těchto skutečností lze předpokládat, že k určitým změnám v hodnotách PT sledovaných svalových skupin dochází, ale nejedná se v praxi o rozdíly signifikantní. Vzhledem ke statisticky významným změnám pouze některých ze sledovaných hodnot se lze jen domnívat, zda na výsledné hodnoty nemá vliv i velikost zatížení vyvolaného únavovým protokolem, který je stále ještě v oblasti dalšího ověřování.

Třetí oblastí zájmu v této práci je problematika H/Q poměrů. Z naměřených hodnot PT byl sledován H/Qc i H/Qf poměr. Při sledování jednotlivých skupin nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl před ani po absolvování BUP28 (Tabulka 12; Tabulka 13; Tabulka 15; Tabulka 16).

Při porovnání obou skupin byl nalezen statisticky významný rozdíl u H/Qc poměru pouze před BUP28 u nedominantní DK a úhlové rychlosti 180°/s (Tabulka 14). U H/Qf poměru u nedominantní DK byl zjištěn statisticky významný rozdíl ve všech sledovaných úhlových rychlostech s výjimkou úhlové rychlosti 180°/s po absolvování BUP28 (Tabulka 17).

Zjištěné hodnoty se ale výrazně nepohybovaly pod hodnotou menší než 0,7, dá se tedy jen předpokládat, že potenciálně větší riziko poranění způsobené únavou lze přisuzovat nedominantní DK u kategorie U18, protože získané hodnoty se pohybují při úhlové rychlosti 60°/s těsně pod hodnotou 0,7.

Další studie týkající se sledování H/Q poměrů se ve výsledcích liší. Zatímco studie zabývající se H/Q poměry u fotbalistů kategorie U15 (Lehnert et al., in press) a U19 (Lehnert, Xaverová & De Ste Croix, 2014) nezjistily signifikantně statisticky významné změny, Small, McNaughton, Greig a Lowell (2010) a Greig (2008) poukazují na statisticky významný pokles v hodnotách H/Qf. V obou studiích byly sledovány dospělé skupiny fotbalistů.

7 ZÁVĚRY

1. Specifický únavový protokol měl u kategorie U16 signifikantní vliv na hodnoty PT flexorů dominantní DK při úhlové rychlosti 60°/s v excentrickém režimu a NDK v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 180°/s. V kategorii U18 byl shledán signifikantní vliv specifického únavového protokolu na PT flexorů v excentrickém režimu, a to u DDK při úhlové rychlosti 60°/s a 180°/s, u NDK při úhlové rychlosti 60°/s. Vliv na PT extenzorů měl specifický únavový protokol v kategorii U16 i U 18 při koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 60°/s.

2. Specifický únavový protokol BUP 28 neměl signifikantní vliv na hodnotu konvenčního H/Q poměru ani u jedné ze sledovaných kategorií U16 a U18.

3. Specifický únavový protokol BUP 28 neměl signifikantní vliv na hodnotu funkčního H/Q poměru ani u jedné ze sledovaných kategorií U16 a U18.

4. K signifikantní změně v hodnotě RSI došlo po absolvování specifického únavového protokolu u kategorie U16.

5. Při posuzování rozdílnosti změn sledovaných parametrů mezi kategoriemi U16 a U18 po absolvování BUP28 byl zjištěn opačný trend vývoje jednotlivých kategorií u extenzorů DDK v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 180°/s. V kategorii U16 došlo po absolvování BUP28 k nepatrnému snížení hodnoty PT extenzorů, naopak u kategorie U18 došlo po absolvování BUP28 k mírnému nárůstu PT extenzorů. U flexorové skupiny byl sledován statisticky významný rozdíl u NDK v koncentrickém režimu a úhlové rychlosti 180°/s. Klesající trend hodnot PT flexorů po absolvování BUP28 byl sledován u obou kategorií, v kategorii U16 byl ale tento rozdíl středních hodnot PT po absolvování BUP28 výraznější.

6. Výsledky studie jednoznačně nepotvrdily zhoršení svalových a nervosvalových funkcí u sledovaných skupin hráčů po absolvování únavového protokolu.

8 SOUHRN

V teoretické části jsou shrnuty základní informace týkající se anatomie kolenního kloubu jako velmi často postižené oblasti sportovním úrazem. Charakterem hry je basketbal sportem s častými poraněními kontaktního i nekontaktního typu. Právě při nekontaktním zranění může hrát velkou roli míra únavy sportovce.

Cílem práce bylo sledovat změny PT H a Q, změny H/Q poměrů a reaktivní síly u adolescentních basketbalistů kategorie U16 (N=11) a U18 (N=18) po absolvování specifického únavového protokolu BUP28 a zjistit, jaký vliv bude mít tento únavový protokol, resp. únava na dané hodnoty. Potřebná data byla zjišťována pomocí metody izokinetické dynamometrie a optického snímání doby letové fáze a doby kontaktu s podložkou.

Zjištěné výsledky naznačují, že statisticky významné změny PT byly sledovány zejména u extenzorů obou DKK. Hodnoty konvenčního a funkčního H/Q poměru nedosáhly v rámci sledovaných kategorií U16 a U18 signifikantních rozdílů. Statisticky významné změny byly nalezeny pouze u nedominantní dolní končetiny. V otázce RSI byl statisticky významný rozdíl shledán mezi oběma kategoriemi před i po absolvování specifického únavového protokolu, paradoxně došlo k nárůstu hodnot RSI.

9 SUMMARY

The theoretical part of the thesis summarizes basic information about the anatomy of the knee joint as the area often affected by a sports injury. Basketball is a kind of sport with frequent injuries of contact and non-contact types. The fatigue of a basketball player could perform a significant role within a non-contact injury.

The aim of the thesis was to monitor changes in PT of H a Q, in H/Q ratios and reactive forces of adolescent basketball players of both, U16 (N=11) and U18 (N=18) categories after completing a specific fatigue protocol BUP28, as well as to find out the impact of this fatigue protocol and tiredness, respectively, at given values. Required data were determined using the method of isokinetic dynamometry and optical sensing of the flight phase and the time of contact with the floor.

The results indicate that significant differences were especially in the values of PT of Q. The values of conventional and functional H/Q ratio didn't reach significant differences at observed U16 and U18 categories. Statistically significant changes were found only for the non-dominant leg. A statistically significant difference was found at RSI between the two categories before and after completing the specific fatigue protocol; paradoxically, the RSI values increased.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Ayala, F., De Ste Croix, M., Sainz de Baranda, P., & Santonja, F. (2012). Absolute reliability of hamstring to quadriceps strength imbalance ratios calculated using peak torque, joint angle-specific torque and joint ROM specific torque values. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 1-8.
- Bernaciková, M., Kapounková, K., Novotný, J., Sýkorová, E., Novotný, J., Bernacik, S., Hřebíčková, S., Hrazdíra, E., Mudra, P., Ondráček, J., Svobodová, Z., Šamšula, J., Vacenovský, P., & Chovancová, J. (2011) *Fyziologie sportovních disciplín*. Retrieved 16. 4. 2016 from the World Wide Web: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/hry-basketbal.html>.
- Bruoth, V., & Dohnány, L. (1971). *Úrazy a poškodenia pri športe a telesnej výchove*. Martin: Osveta.
- Cochrane, J. L., Lloyd, D. G., Buttfield, A., Seward, H., & McGivern, J. (2007). Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 10(2), 96-104.
- Croiser, J. L., Ganteaume, S., Binet J., Genty, M., & Ferret (2008). Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 10 (10), 1-7.
- Croiser, J. L., Reveillon, V., Ferret, J. M., Cotte, T., & Genty, M. (2003). Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 61-62.
- Čihák, R. (2011). *Anatomie I* (3rd ed.). Praha: Grada.
- Dauty, M., Croiser, J. L., Reveillon, V., Ferret, J. M., Cotte, T., & Genty, M. (2003). Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 61-62.
- Dauty, M., Potiron, M., & Rochcongar, P. (2003). Identification of previous hamstring injuries by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 139-144.

- De Ste Croix, M. B. (2007). Advances in paediatric strength assessment: Changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 292-304.
- Delej, B. (2003). *Prevenca úrazov v športe*. *Med Sport Boh Slov*, 12(3), 104 - 111.
- Delextrat, A., Gregory, J., & Cohen, D. (2010). The use of the functional H:Q ratio to assess fatigue in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 192-197.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. muscle testing, interpretation and clinical applications* (2nd ed). London: Elsevier.
- Edge, J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 225-234
- Greig, M., (2008). The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *The American Journal of Sports Medicine*, 10(10), 1-7.
- Horský, I., & Huraj, E. (1987). *Úrazy pri telesnej výchove a športe*. Martin: Osveta.
- Houweling, T., A., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of Isokinetic testing for previous injury detection in soccer players. *Isokinetic and Exercise Science*, 17(4), 213-220.
- Hughes, G., & Watkins, J. (2006). A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. *Sports Medicine*, 36(5), 411-428.
- Hůlka, K., Cuberek, R., & Bělka, J. (2013). Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Gymnica*, 43(3), 27-35.
- Hůlka, K., Lehnert, M., & Bělka, J. (submitted). Reliability and validity of a basketball fatigue protocol simulating match load . *Journal of Human Kinetics*.

- Chavez, A., Knudson, D., Harter, R., & McCurdy, K. (2013). Activity-Specific Effects of Fatigue Protocols May Influence Landing Kinematics: A Pilot Study. *International Journal of Exercise Science*, 6(3), 242-249.
- Kapandji, I. A. (1987). *The Physiology of the Joints. Volume two. Lower Limb* (5th ed.). London: Churchill Livingstone.
- Kolář, P. et al., (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén.
- Kolektiv autorů (1997). *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada.
- Langmeier, J., & Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie*. Praha: Grada.
- Latash, M. L. (1998). *Neurophysiological basis of movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 19(2), 243-251.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund E., Smékal D. et al. (2014). *Kondiční trénink*. UP v Olomouci.
- Lehnert, M., Švarc, R., Laštovička, O., & Vařeková, R. (2015). Changes in muscular and neuromuscular functions following soccer-specific fatigue in youth male footballers. In Radmann, A., Hedenborg, S., Tsolakidis, E. (Ed.), *20th annual Congress of the European College of Sport Science*, 374. Malmö:Malmö University, Lund University & Copenhagen University [Book of Abstracts of the 20th Annual Congress of the European College of Sport Science – 24th-27th June 2015, Malmö – Sweden].
- Lehnert, M., De Ste Croix, M., Xaverova, Z., Varekova, R., Botek, M., Zaatar, A., Hulka, K., & Lastoviccka, O. (submitted). The effect of a soccer-specific fatigue protocol on muscular and neuromuscular functions in youth male footballers. *Journal of Strength and Conditioning Research*.

- Lehnert, M., De Ste Croix, M., Zaatar, A., Hughes, J., Varekova, R., & Lastovicka, O. (in press). Muscular and neuromuscular control following soccer-specific exercise in male youth: Changes in injury risk mechanisms. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.
- Lehnert, M., Xaverová, Z., & De Ste Croix, M. (2014). Changes in Muscle Strength in U19 Soccer Players During an Annual Training Cycle. *Journal of Human Kinetics*, 42,175-185.
- Mahler, P. B. (2015). Epidemiology and prevention of injuries in young sportsmen. A 35 year observational study of the sport and art classes in the Canton of Geneva. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 63 (3), 22-26.
- Melnyk, M., & Gollhofer, A. (2007). Submaximal fatigue of the hamstrings impairs specific reflex components and knee stability. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 15, 525-532.
- Mullin, Ch. (1995). *The Young Basketball Player*. USA.
- Nakonečný, M. (1998). *Encyklopedie obecné psychologie*. Praha: Academia.
- Nýdrle, M., & Veselá, H. (1992). *Jedna kapitola ze speciální rehabilitace poranění kolenního kloubu*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Paneš, V. (1993). *Vybrané kapitoly z chirurgie, traumatologie, ortopedie a protetiky*. Olomouc: Epava.
- Pilný, J. a kol. (2007). *Prevence úrazů pro sportovce*. Praha: Grada.
- Podromos, C., Brown, C., Fu, F. H., Georgouloulis, A. D., Gobbi, A., Howell, S. M., Paulos, J. L. E., & Shelbourne, K. D. (2008). *The anterior cruciate ligament: Reconstruction and basic science*. Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Rozzi, S. L., Lephart, S. M., & Fu, F. H. (1999). Effects of muscular fatigue on knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female athletes. *Journal of Athletic Training*, 34, 106-114.

- Sangnier, S., & Tourny-Chollet, C. (2007). Comparison of the decrease in strength between hamstrings and quadriceps during isokinetic fatigue testing in semiprofessional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 952-957.
- Scherrer, J. (1995). *Únava*. Praha: Victoria Publishing.
- Schwebel, D. C., & Brezausk, C. M. (2014). Child Development and Pediatric Sport and Recreational Injuries by Age. *Journal of Athletic Training*, 49 (6), 780-785.
- Silvers, H. J., & Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury in the Female Athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 41(1), 152-159.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lowell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 120-125.
- Thacker, S. B., Stroup, D. F., Branche, C. M., Gilchrist, J., Goodman, R. A., & Porter Kelling, E. (2003). Prevention of knee injuries in sports: a systematic review of the literature. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(2), 165-179.
- Theisen, D., Malisoux, L., Seil, R., & Urhausen, A. (2014). Injuries in Youth Sports: Epidemiology, Risk Factors and Prevention. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 65(9), 248-252.
- Thiel, A., Schubring, A., Schneider, S., Zipfel, S., & Maxer, J. (2015). Health in Elite Sports a "Bio-Psycho-Social" Perspective. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 66(9), 241-247.
- Trojan, S., Druga, R., Pfeiffer, J., & Votava, J. (2005). *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky* (3rd ed.). Praha: Grada.
- Véle, F., (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada.
- Velenský, M. (1999). *Basketbal*. Praha: Grada.
- Vorálek, R. (2007). Příčiny úrazů a poškození ve volejbale. *Tělesná Výchova a Sport Mládeže*, 3, 26-29.

Warren, B. L., & Heusel, L. (2001). Pre-season hamstring/quadriceps relationship recorded on profesional soccer players. *Biomechanics Symposia*, 27-29.


Wright, J., Ball, N., & Wood, L. (2009). Fatigue H/Q ratios and muscle coactivation in recreational football players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(3), 161-167.

Inernetové zdroje:

www.fiba.com

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření Etické komise

 **Fakulta
tělesné kultury**

Vyjádření Etické komise FTK UP

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

Na základě žádosti ze dne 25. 4. 2016 byl projekt výzkumu
autorů: **doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.; Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.; Mgr. Amr Zaatar, Ph.D., Mgr. Zuzana Xaverová; Bc. Ondřej Laštovička; Bc. Marian Opavský; Bc. Tereza Vilimová**
s názvem
Únava a riziko zranění předního zkříženého vazů (ACL) u hráčů a hráček dorostenecké kategorie
schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 40/2016
dne: 3. 5. 2016

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

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně
Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise
třída Míru 117 | Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

Příloha 2. Izokinetický dynamometr IsoMed 2000

