

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

Hodnocení aktivity flexorů kolenního kloubu pomocí
polyelektromyografie u hráčů házené a basketbalu při
vertikálním výskoku

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. David Havlíček, fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

Olomouc 2018

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. David Havlíček

Název diplomové práce: Hodnocení aktivity flexorů kolenního kloubu pomocí polyelektromyografie u hráček házené a basketbalu při vertikálním výskoku

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2018

Abstrakt: Cílem práce bylo hodnocení aktivity flexorů hráček házené a basketbalu na konci sezóny a začátku nové sezóny. Výzkumu se účastnilo 37 hráček házené ve věku 13 až 15 let a 50 hráčů + 5 hráček basketbalu ve věku 13 – 15 let. Povrchová aktivita svalů byla snímána pomocí polyelektromyografie na m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus při vertikálním výskoku. Analyzovány byly parametry mean frequency, mean amplitude a doba mezi 10% nárůstem aktivity po její peak. Měření bylo prováděno pomocí přístrojů Noraxon MyoSystem 1400A a Noraxon TeleMyo 2400 G2. Každý účastník výzkumu provedl tři vertikální výskoky, z nichž se pro analýzu dat použil druhý pokus. Z porovnávání výsledků mezi oběma sporty vzešel výsledek, že u hráčů basketbalu ve věkové kategorii U 15 došlo na konci sezóny oproti hráčkám házené k významnému snížení parametru mean frequency u všech svalů. Hráči basketbalu ve věku 15 let jsou oproti hráčkám házené stejné věkové kategorie vystaveni z důvodu vyšší kumulativní únavy většímu riziku poranění kolenního kloubu.

Klíčová slova: povrchová elektromyografie, vertikální výskok, házená, basketbal, adolescenti

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Bc. David Havlíček

Title of the master thesis: Evaluation of the knee joint flexors activity using polyelectromyography in female handball and basketball players during the squat jump

Departement: Department of physiotherapy

Supervisor: Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

The year of presentation: 2018

Abstract: The aim of the thesis was flexor activity evaluation in female players of handball and basketball at the end of a season and the beginning of a new season. 37 female handball players aged 13 to 15 and 50 male + 5 female basketball players took part in the study. Surface muscular activity was recorded by means of polyelectromyography on m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris and m. semitendinosus during the squat jump. Parameters of mean frequency, mean amplitude and time between 10% activity rise to its peak were being analyzed. Measuring was performed using devices Noraxon MyoSystem 1400A and Noraxon TeleMyo 2400 G2. Each participant of the study had performed three squat jumps, out of which the second record was used for the data analysis. Out of the comparison between the two sports the result has come out that in male basketball players of age group U 15 occurred (compared to female handball players) a significant decrease of mean frequency parameter, as well as in all muscles. Male players aged 15 are, unlike female handball players of the same age group, exposed to a higher risk of knee joint injury because of higher accumulative fatigue.

Key words: surface electromyography, squat jump, handball, basketball, adolescent

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Amr Zaatara, Ph.D., uvedl jsem všechny použité literární a odborné zdroje a dodržel zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne: 20. 4. 2018

Děkuji zejména Mgr. Amr Zatarovi, Ph.D. za trpělivost a veškerou pomoc při zpracovávání této práce. Dále děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za nedocenitelnou pomoc při statistickém zpracování dat. Za spolupráci při měření děkuji Bc. Marii Valentové, Bc. Lence Sovákové a Bc. Pavlíně Skráškové.

Děkuji také mé rodině a mé nejdražší za všechnu materiální i psychickou podporu.

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.“

Obsah

1	Úvod	10
2	Přehled poznatků	11
2.1	Kineziologie kolenního kloubu	11
2.1.1	Obecná charakteristika	11
2.1.2	Stabilita kolenního kloubu.....	11
2.1.3	Pohyby v kolenním kloubu.....	12
2.2	Analýzy sportovních utkání	13
2.2.1	Charakteristiky výzkumů v házené	13
2.2.2	Charakteristiky výzkumů v basketbale.....	16
2.3	Implikace znalostí herních analýz do tréninku.....	21
2.4	Srovnání výkonnostních parametrů mezi hráči házené a basketbalu.....	21
2.5	Únava ve sportu.....	23
2.5.1	Vliv únavy na neuromuskulární aktivitu	25
2.6	Zranění ve sportu.....	29
2.6.1	Mládežnické kategorie.....	29
2.6.2	Házená dospělí.....	30
2.6.3	Basketbal dospělí.....	30
2.7	Sidecutting manévr.....	32
2.7.1	Analýza sidecutting manévru v basketbale	32
2.7.2	Sidecutting manévr v házené	33
3	Praktická část.....	35
3.1	Cíle a hypotézy.....	35
3.1.1	Hlavní cíl	35
3.1.2	Dílčí cíl	35
3.1.3	Hypotézy.....	35

4	Metodika.....	36
4.1	Charakteristika výzkumného souboru.....	36
4.2	Příprava před měřením.....	36
4.2.1	Umístění elektrod.....	36
4.2.2	Technické parametry měření.....	36
4.3	Měření.....	37
4.4	Metodika vyhodnocování výsledků.....	38
4.4.1	Analýza polyEMG záznamu.....	38
5	Výsledky.....	39
5.1	Hypotéza H01.....	39
5.2	Hypotéza H02.....	40
5.3	Hypotéza H03.....	43
5.4	Hypotéza H04.....	44
5.5	Hypotéza H05.....	45
6	Diskuze.....	47
7	Závěr.....	55
8	Souhrn.....	56
9	Summary.....	58
10	Referenční seznam.....	60
11	Přílohy.....	73

Seznam zkratek

BF – biceps femoris

BW – body weight

CNS – centrální nervový systém

EMD – electromechanical delay

EMG – elektromyografie

GM – gastrocnemius medialis

lig. - ligamentum

LCA – ligamentum cruciatum anterius

LCF – ligamentum collaterale fibulare

LCP – ligamentum cruciatum posterius

LCT – ligamentum collaterale tibiale

m. - musculus

polyEMG - polyelektromyografie

RFD – rate of force development

SF – srdeční frekvence

ST_{max} – maximální srdeční frekvence

ST – semitendinosus

U 13 – věková kategorie do 13 let

U 15 – věková kategorie do 15 let

ÚNI – úskoky nízké intenzity

ÚSI – úskoky střední intenzity

ÚVI – úskoky vysoké intenzity

VGRF – vertical ground reaction force

1 Úvod

Systematické zvyšování zátěže na sportovce roste současně s postupným vyžíváním organismu. Období, kdy dochází ve sportu k největšímu zdokonalování, spadá ve většině případů do věkové skupiny 15 – 17 let. Záleží samozřejmě na specifických rysech jednotlivých sportů a tréninkovém procesu, kterým sportovec prochází. Zvláště organismus adolescentů, kteří vykonávají pravidelně určitý sport, se přizpůsobuje fyzickému zatížení a dochází v něm k fyzickým změnám. Rozmanitost těchto změn pak má specifický dopad na jejich tělo, s čímž zároveň rostou požadavky na udržení již dosažené vyšší fyzické úrovně organismu. V určitých obdobích vývoje tělesné parametry, orgány a jejich funkce prochází geneticky předurčenými změnami. Fyzická aktivita na některé tyto změny má významný vliv, na jiné významný vliv nemá. Jednotlivé funkce organismu u mladých lidí se rychleji vyvíjejí a lépe adaptují na fyzickou zátěž během příslušných růstových období. Různé sporty vyžadují odlišný stupeň fyzické připravenosti, neboť specifické nároky na kondici, herní techniku a taktiku jistým způsobem ovlivňují jejich organismus. Postupy při výběrových řízeních mladých sportovců, stejně jako celoroční strategie a taktiky tréninkových procesů by měly být založeny na znalostech a zvláštnostech organismu zejména u dětí a adolescentů. Zvláště významné je to u tréninkového procesu mladých basketbalistů a házenkářů. Neznalost rizikových období vývoje nebo nepřipravenosti organismu vykovávat určitou fyzickou zátěž je první předpoklad pro kumulaci únavy a zvýšení rizika zranění. Toto riziko je mnohem větší právě v závodním sportování, kde je často na nesprávném prvním místě kvantita pohybu (Vikas, Tubelis, & Dadelene, 2005).

2 Přehled poznatků

2.1 Kineziologie kolenního kloubu

2.1.1 Obecná charakteristika

Kolenní kloub je největší a nejsložitější kloub v lidském těle. Artikulují v něm tři kosti: femur, tibie a patella. Hlavici tvoří kondyly femuru, které jsou zakřiveny jak v rovině frontální, tak sagitální. Z hlediska sagitální roviny je toto zakřivení větší na ventrální straně a dorzálně se zakřivení snižuje. Mezi kondyly klouže patella, která je zavzata v ligamentu patellae. Jamku tvoří proximální konec tibie, který má dvě různě tvarované části pro každý kondyl femuru zvlášť. Mediální část tibiálního plató je oválná a lehce konkávní, laterální část je podle Koláře et al. (2012) okrouhlá a plochá, ovšem Kapandji (1987) ji popisuje jako konvexní. Vzhledem k značné inkongruenci kloubních ploch femuru a tibie je plocha kontaktu zvětšena vloženými menisky. Větší, poloměsíčitý mediální meniskus je stabilnější, protože je fixován v přední a zadní části v interkondylární ploše a uprostřed mediálním kolaterálním vazem. Pro pohyb menisku je důležité jeho spojení v dorzolaterální části skrze kloubní pouzdro s m. semimembranosus. Stabilita je však na úkor sníženého rozsahu pohybu, z čehož plyne mnohem častější zranění (až 95 % všech poranění menisku) než je tomu u menisku laterálního. Laterální meniskus je menší a kruhový. Přední a zadní část se upíná také do interkondylární plochy, ale na rozdíl od mediálního menisku do těsné, čímž je laterální meniskus mnohem pohyblivější. V dorzální části je napojen na m. popliteus, který svým tahem posunuje meniskus dorzálně. Obecně je stabilita dále zlepšována díky dalším pasivním strukturám – vazům a aktivním strukturám – svalům. Základními pasivními strukturami jsou dva kolaterální a dva zkřížené vazy. Kolaterální tibiální je vpředu tvořen vertikálními a šikmými vlákny, které vycházejí z mediálního epikondylu na tibii. Široký a plochý vaz srůstá s kloubním pouzdem a mediálním meniskem. Kolaterální fibulární vaz je zaoblený až oválný a míří od laterálního epikondylu na hlavičku fibuly, kde je obejmut úponovou šlachou m. biceps femoris (Dylevský, 2009; Čihák, 2002).

2.1.2 Stabilita kolenního kloubu

Stabilitu ve směru laterolaterálním zajišťují postranní vazy lig. collaterale tibiale (dále jen „LCT“) a lig. collaterale fibulare (dále jen „LCF“). Ty jsou zcela napjaty při

extenzi kolenního kloubu. Aktivním stabilizátorem a synergistou LCT je iliotibiální trakt, který napíná m. tenzor fasciae latae. Aktivními stabilizátory LCF jsou pak mm. sartorius, semitendinosus a gracilis. Dalším propracovaným systémem je pak uspořádání vláken lig. patellae, který chrání kolenní kloub v laterolaterálním směru díky dvojí orientaci vláken. Ta vedou jednak paralelně po mediální a laterální straně patelly a v další vrstvě se vlákna lig. patellae kříží (Kapandji, 1987). Stabilitu ve směru ventrodorzálním zajišťují lig. cruciatum anterior (dále jen „LCA“) a lig. cruciatum posterior (dále jen „LCP“). Ventrální posun tibie vůči femuru je kontrolován napětím LCA a také díky aktivním synergistům tj. hamstringům, dorzální posun tibie vůči femuru pak znemožňuje LCP společně s mohutným tahem m. quadriceps femoris. Pomocnými stabilizátory jsou též LCT a LCF (Kapandji, 1987). Stabilitu v rotačních pohybech zajišťují všechny již zmíněné struktury. Každá však v jiném úhlovém postavení kolenního kloubu. Při extenzi zajišťují stabilitu a brání rotaci obě kolaterální ligamenta a zkřížené vazy. Hlavní vaz, který uzamyká vnitřní rotaci je LCA, zevní rotaci tibie uzamykají dominantně LCT a LCF. Se začínající flexí pak napětí ligament klesá, čímž je rotace umožněna, ovšem se zvětšující se rotací ligamenta svou antirotační funkci znovu získávají a znovu kolenní kloub uzamykají. Pomocnými stabilizátory jsou též všechny svaly, které přechází přes kolenní kloub, neboť svou kokontrakcí vrací kloub do fyziologického postavení. Se zvětšující se flexí, při které stabilizační vliv kolaterálních ligament klesá, přebírají stabilizační funkci zkřížené vazy. Vnitřní rotaci svým napínáním brzdí zejména LCA, které se navíc navíjí na LCP a dochází tak k aproximaci kloubních ploch. Při zevní rotaci bérce se pak napíná spíše PCL a LCA relaxuje, avšak v tomto případě se ligamenta dostávají do paralelní pozice a k aproximaci nedochází (Kapandji, 1987; Kolář et al., 2012).

2.1.3 Pohyby v kolenním kloubu

Při zvětšující se flexí nejprve probíhá pohyb v kloubu meniskofemorálním (jde o pohyb valivý), poté dochází k pohybu v kloubu meniskotibiálním (jde o pohyb posuvný). Při flexi kolenního kloubu vždy paralelně dochází k rotaci tibie. Při volné noze tibie rotuje dovnitř, při fixované periferii femur rotuje zevně. Zároveň se v prvních 5° flexe uvolňují postranní vazy a LCA. Ve flexi 30° se LCA a LCP napínají stejnou měrou. Ve flexi 60° je napětí těchto ligament menší. Mezi 45°- 90° je největší rozsah rotačních pohybů. Od 90° flexe dochází k napínání LCA pouze v anterosuperiorní části, kdyžto střední a inferiorní části relaxují. U LCP je tomu naopak (Čihák, 2002;

Dylevský, 2009; Kapandji, 1987; Kolář et al., 2012;). Extenze probíhá opačně. Nejprve dochází k pohybu posuvném, pak valivém a současně tibie rotuje zevně (při volné periférii). Hyperextenze je omezena zejména vazy a dorzální částí pouzdra. Plně tento pohyb brzdí LCA a posteromediální část LCP, nalehnutí kondylů na přední část menisků a také svou aktivitou flexory kolene (Dylevský, 2009; Kolář et al., 2012). Zvláštní význam mají m. semimembranosus a m. popliteus, které se částečně upínají do kloubního pouzdra, čímž napomáhají jeho oddalování od kloubní štěrbině při flexi kolene a zabraňují jeho uskřínutí (Čihák, 2002).

2.2 Analýzy sportovních utkání

2.2.1 Charakteristiky výzkumů v házené

Bělka, Hůlka, Šafář, Weisser a Samcová (2014) provedli analýzu šesti zápasů u čtrnácti hráček elitního týmu házené s cca desetiletou herní zkušeností. Průměrné charakteristiky hráček: věk $17.9 \pm 0,3$ let, výška $169,6 \pm 6,9$ cm, hmotnost $65,4 \pm 6,9$ kg. Hodnoceny byly tyto parametry: vzdálenost zdolaná během zápasu, četnost užívání různého druhu lokomoce (stání a chůze, pobíhání, běh střední intenzity, běh vyšší intenzity, sprint) a zatížení vyjádřené srdeční frekvencí (anaerobní výkon – srdeční frekvence (dále jen „SF“) > 85 % maximální srdeční frekvence (dále jen „ SF_{max} “), aerobní výkon – SF v rozmezí $65 - 85$ % SF_{max} , sub-aerobní výkon – SF < 65 % SF_{max}).

Výsledky

Průměrný čas strávený na herní ploše byl $29,25 \pm 4,7$ min. Z toho v prvním poločase strávily hráčky na hřišti $14,5 \pm 2,9$ min a v druhém poločase $14,7 \pm 2,8$ min, což není statisticky významný rozdíl. Průměrná SF byla $183,7 \pm 7,3$ stahů/min. Tento průměr je vyšší než u mužů, což je výsledkem vyššího anaerobního zatížení na ženský organismus. Při srovnání průměrů srdeční frekvence v obou poločasech nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl, přestože ve druhém poločase SF byla nižší. Autoři tento fakt vysvětlují významným poklesem sprintů. Hráčky strávily 83 % herního času v intenzitě výkonu nad anaerobním prahem, 15 % herního času v aerobním pásmu a 2 % herního času pod aerobním pásmem. Toto procentuální zastoupení mezi jednotlivými poločasy bylo téměř stejné. Průměrná překonaná vzdálenost během zápasu byla $3399,2 \pm 362,3$ m. V přepočtu na herní čas hráček z toho vychází cca 113 metrů za minutu. Z celkové vzdálenosti bylo chůzí vykonáno 11,3 %, pobíháním 27,5 %, sprintem 61,4 %.

během střední intenzity 24,3 %, během vysoké intenzity 16,4 % a sprintem 20,5 %. Při porovnávání těchto motorických charakteristik mezi poločasy navzájem byl shledán statisticky významný rozdíl pouze ve sprintu, který významně ubyl v druhém poločase ($p=0,02$).

Michalsik, Aagaard a Madsen (2013) provedli analýzu 62 zápasů elitního mužského týmu, přičemž vždy sledovali čtyři hráče. Profil hráčů byl: průměrný věk $26,4\pm 3,1$ let; průměrná výška $188,9\pm 6,3$ cm, průměrná hmotnost $90,9\pm 9$ kg. Hodnoceny byly tyto parametry: herní čas, naběhaná vzdálenost, setrvání v různých pohybových aktivitách (stání, chůze, pobíhání, pobíhání do boku, běh, běh vyšší intenzity a sprint).

Výsledky

Průměrný herní čas byl $53:51\pm 5:52$ min:s. V prvním poločase strávili hráči na hřišti $27:12\pm 2:25$ min:s a v druhém poločase $26:39\pm 2:27$ min:s, což není statisticky významný rozdíl. Průměrná uražená vzdálenost byla $3\ 627\pm 568$ m. Nejvyšší vzdálenost, co se týká herního postu, naběhala křídla. Zajímavostí je, že z prvních dvou pětiminutových intervalů obou poločasů hráči naběhali výrazně vyšší vzdálenost v tom prvním, ale v posledním pětiminutovém intervalu naběhali hráči významně větší vzdálenost v druhém poločase. Průměrná rychlost byla vypočtena na $6,4\pm 1,01$ km/hod. Významně vyšší průměrná rychlost byla v obraně než v útoku ($p<0,05$), přestože v obraně hráči stáli v průměru o 12 % déle než v útočné fázi. Autoři tento fakt vysvětlují tím, že rychlost lokomočních pohybů byla vyšší než v útoku. Z celkové doby zápasu strávili hráči stáním 36,8 %, chůzí 39,6 %, pobíháním 8,6 %, běháním 4,4 %, během vyšší intenzity 1,4 % (průměrný běh trval $1,1\pm 1,3$ s) a sprintem 0,4 % času (průměrný sprint trval $1\pm 1,4$ s, tj. 7 – 10 m). Dále pohybem do boku 7,4 % a během pozpátku 1,4 % času. Počet metrů naběhaných vyšší intenzitou byl v druhém poločase statisticky významně nižší z 155,3 m na 130,4 m, což je cca 16 % ($p<0,05$). Každý hráč vykonal $1\ 482\pm 313$ změn pohybu, což je přibližně 28 změn pohybu každou minutu. Vliv únavy na snížené procentuální zastoupení běhu vyšší intenzity dokládá fakt, že hráči s kratším herním časem vykazovali vyšší procentuální zastoupení běhu s vyšší intenzitou v zápasu. Dalším indikátorem vlivu únavy na výkonnost je fakt, že v první polovině prvního poločasu hráči urazili větší vzdálenost než v druhé polovině prvního poločasu a že v prvním poločase hráči vykonali relativně více běhů vyšší intenzity než v druhé polovině druhého poločasu.

Šibila, Vuleta a Pori (2004) analyzovali výkonnostní rozdíly mezi jednotlivými posty v zápase házené. Do výzkumu bylo zařazeno 84 mužů s následujícím profilem: průměrný věk $20,3 \pm 4,3$ let, průměrná výška $183 \pm 6,6$ cm, průměrná hmotnost $80,6 \pm 10,4$ kg. Herní čas byl 2x20 min. Výzkum zahrnoval celkovou naběhanou vzdálenost, setrvání v rychlostních třídách (1. třída 0 - 1,4 m/s, 2. třída 1,4 – 3,4 m/s, 3. třída 3,4 – 5,2 m/s, 4. třída > 5,2 m/s) a průměrnou rychlost.

Výsledky

Průměrná celková naběhaná vzdálenost byla 3507 m. Nejvíce naběhala křídla 3855 m, což je významný rozdíl oproti ostatním dvěma pozicím. Hráči strávili v průměru 59 % času v 1. rychlostní třídě, 24,3 % v 2. třídě, 12,6 % v 3. třídě a 3 % v 4. třídě. Rozdíl mezi hráči v 1. a 2. třídě shledán nebyl. Ve 3. třídě strávili spojky a křídla statisticky významně víc času než pivoti. Ve 4. třídě byl významný rozdíl mezi všemi hráči. Nejvíce času v této třídě strávila křídla (4 %), dále spojky (3 %) a nejméně pivoti (2 %). Nejvyšší průměrnou rychlost, která byla významně vyšší než u dalších pozic, měla křídla (1,6 m/s), dále spojky (1,43 m/s) a nejnižší průměrnou rychlost vyvinuli pivoti (1,34 m/s).

Chelly et al. (2011) provedli analýzu 6 zápasů (2x25 min) u elitního týmu adolescentů. Bylo sledováno 18 hráčů, kteří měli s házenou cca sedmiletou zkušenost. Jejich profil byl: průměrný věk $15,1 \pm 0,6$ let, průměrná výška 179 ± 5 cm, průměrná hmotnost $70,1 \pm 6,7$ kg. Výzkum byl zaměřen na celkovou vzdálenost naběhanou při zápase, kolik procent z celkové vzdálenosti hráči urazí pomocí určité pohybové aktivity (stání, chůze, pobíhání, běh, běh vyšší intenzity, sprint), průměrnou a maximální srdeční frekvence, setrvání v určitých pásmech srdeční frekvence (zatížení nižší než 65 % SF_{max} , v rozmezí 65 – 85 % SF_{max} a vyšší než 85 % SF_{max}) a hladinu laktátu v krvi.

Výsledky

Průměrná celková naběhaná vzdálenost byla 1777 m. Významný rozdíl mezi poločasy zápasu nebyl. Z celkové vzdálenosti hráči ušli chůzí 29 %, naběhali pobíháním 59 %, během vyšší intenzity 8 % a sprintem 4 %. Za zápas hráči změnili 501x pohybovou aktivitu, z čehož plyne změna každých 5,9 s. Ve druhém poločase se významně snížila vzdálenost naběhaná sprintem, během vyšší intenzity a pobíháním ($p < 0,05$). Průměrná srdeční frekvence byla 172 ± 2 tepy/min, což je 82 % SF_{max} . Hranici 170 tepů/min překročili z celkové herní doby prvního poločasu hráči ze 77 %, ale

v druhém poločase jen z 66 %, což je statisticky významně méně ($p < 0,05$). Hráči strávili v pásmu srdeční frekvence $< 65 SF_{\max}$ 28 % času, v pásmu $65 - 85 \% SF_{\max}$ 64 % času a v pásmu $> 85 \% SF_{\max}$ 10 % času. V druhém poločase navíc hráči nedosáhli tak vysoké maximální SF jako v prvním poločase ($p < 0,05$). Hladina laktátu v krvi byla po prvním poločase 9,7 mmol/l a po druhém poločase 8,33 mmol/l, což byla významně nižší hladina ($p < 0,05$).

2.2.2 Charakteristiky výzkumů v basketbale

Matthew a Delextrat (2009) analyzovali 9 utkání nejvyšší ligy BUSA (British University Sports Association) a sledovali 9 hráček. Profil hráček byl: průměrný věk $25,8 \pm 2,5$ let, průměrná výška 173 ± 5 cm, průměrná hmotnost $63,2 \pm 4,5$ kg, SF_{\max} 187 ± 8 tepů/min, maximální hladina laktátu v krvi $9,3 \pm 10,1$ $La_{b\max}$. Hodnoceny byly tyto parametry: srdeční frekvence, hladina laktátu v krvi, počet jednotlivých pohybových aktivit {stání, chůze, pobíhání, běh, skoky, sprinty, úskoky nižší intenzity (dále jen „ÚNI“), úskoky střední intenzity (dále jen „ÚSI“), úskoky vysoké intenzity (dále jen „ÚVI“)}.

Výsledky

Průměrná srdeční frekvence celého zápasu byla 89,1 % maxima, vzhledem k času aktivně stráveného na hřišti (dále jen „live time“) byl průměr 92,5 % maxima. V průběhu celého zápasu strávily hráčky 80,4 % času se srdeční frekvencí nad $85 \% SF_{\max}$. Přepočtem na live time se poměr času stráveného v SF vyšší než $85 \% SF_{\max}$ zvýšil na 93,1 %. V pohledu na live time byla průměrná srdeční frekvence významně vyšší v prvním poločase ($p < 0,05$). Rozdíl průměrné srdeční frekvence v obou polovinách zápasu byl statisticky významný. V první polovině byla průměrná srdeční frekvence významně vyšší ($p < 0,05$). Hladina laktátu v krvi byla $5,2 \pm 2,7$ mmol/l (55,9 % maxima). Významný rozdíl mezi čtvrtinami nebyl zjištěn. V druhé polovině byla hladina laktátu v krvi sice menší, ale ne významně. Během zápasu hráčky vykonaly 652 ± 128 různých pohybů. Vzhledem k live time tedy došlo ke změně pohybu každých 2,82 s. Průměrný počet jednotlivých pohybových aktivit: stání/chůze 151, pobíhání 67, skoky 35, běhání 52, sprint 49, ÚNI 117, ÚSI 123, ÚHI 58.

Abdelkrim at al. (2010) analyzovali 6 zápasů první divize a sledovali 18 hráčů. Profil hráčů byl: průměrný věk $18,2 \pm 0,5$ let, průměrná výška $187,5 \pm 5,9$ cm, průměrná hmotnost $79,5 \pm 8,4$ kg. Hodnoceny byly tyto parametry: celková překonaná vzdálenost,

poměrné setrvání v jednotlivých pohybových aktivitách (stání, chůze, pobíhání, běh, běh vyšší intenzity, sprint, ÚNI, ÚSI, ÚVI, skoky a běh do boku.), poměrné setrvání hráčů v určitých intenzitách pohybu dle srdeční frekvence a uražená vzdálenost v této intenzitě (aktivity nižší intenzity $SF < 75 \% SF_{max}$, aktivity střední intenzity $SF 75 \% - 84 \% SF_{max}$, aktivity vysoké intenzity $SF 85 \% - 95 \% SF_{max}$, aktivity maximální intenzity $> 95 \% SF_{max}$) a hladina laktátu.

Výsledky

Hráči urazili v zápase v průměru $7\,558 \pm 575$ m. Vzdálenost překonaná v jednotlivých poločasech nebyla statisticky významně rozdílná. Pouze v pohledu na uraženou vzdálenost jednotlivými lokomočními pohyby byl shledán významný rozdíl. V druhém poločase se snížila vzdálenost naběhaná sprintem ($p < 0,05$), během vyšší intenzity ($p < 0,01$) a během do boku ($p < 0,01$) a naopak se v druhém poločase zvýšila vzdálenost vykonaná chůzí ($p < 0,05$) a pobíháním ($p < 0,05$). Hráči strávili celkově při stání 32,3 %, v chůzi 31 %, při pobíhání 5,6 %, během 4,5 %, ÚNI 8,5 %, ÚSI 6,5 %, ÚVI 3,1 %, v běhu po boku 1,9 %, během vyšší intenzit 2,4 %, ve sprintu 2,8 % a skákáním 1,3 % času. Těmito aktivitami hráči strávili na hrací ploše 37 % času a odpočinkem zbylých 63 % času. V pohledu na časové setrvání v jednotlivých pohybových aktivitách se statisticky významně prodloužil čas ve stání, chůzi a při pobíháním shodně ($p < 0,05$). Naopak se významně zkrátil čas využitý sprintem ($p < 0,001$), během vyšší intenzity ($p < 0,001$) a během do boku a skákáním shodně ($p < 0,05$). V zátěži pod 75 % SF_{max} strávili hráči 7,4 % času, v pásmu mezi 75 % – 85 % SF_{max} strávili hráči 17,3% času, v pásmu mezi 85 % - 94 % SF_{max} strávili hráči 56 % času a nad 95% úrovní SF_{max} strávili 19,3 % času. Při pohledu na poločasy zápasu byl zjištěn významný úbytek aktivit v zátěži nad 95 % SF_{max} 21,2 % v první polovině vs. 17,4 % v druhé polovině ($p < 0,05$) a v pásmu 85 % - 94 % SF_{max} strávili hráči v první polovině 57,6 % času a v druhé polovině 54,4 % času ($p < 0,01$). Průměrná hladina laktátu v krvi byla 5,75 mmol/l a maximální hladina laktátu v krvi 6,22 mmol/l. Významný byl rozdíl mezi poločasy – hladina v prvním poločase byla 6,18 mmol/l a v druhém 5,3 mmol/l ($p < 0,01$).

Díličí zajímavosti

Z celkové vzdálenosti bylo 23 % vykonáno aktivitami vysoké intenzity (sprint, běh vysoké intenzity, běh pozadu, ÚVI) a 22 % pohyby do boku. Přitom pohyby do

boku jsou energeticky více náročné než klasický běh dopředu. Poměr práce odpočinek (work- rest ratio) byl v celém zápase 1:3,6. V prvním poločase byl 1:3,2 a v druhém poločase 1:4,1, což je statisticky významně rozdílné ($p < 0,05$).

Abdelkrim, Fazaa a Ati (2007) analyzovali dále zápasy play-off fáze tuniské basketbalové ligy. Do výzkumu zahrnuli 18 hráčů do 19 let z šesti různých elitních týmů. Profil hráčů byl: průměrný věk $18,2 \pm 0,5$ let, průměrná výška 189 ± 5 cm, průměrná hmotnost $80,3 \pm 6,7$ kg, $VO_2\max$ $52,8$ ml/kg*min. Hodnoceny byly tyto parametry: počet různých pohybových aktivit, poměrné zastoupení různých pohybových aktivit (stání, chůze, ÚNI, pobíhání, ÚSI, běh, skoky, ÚVI, sprint), srdeční frekvence a hladina laktátu v krvi.

Výsledky

Různých pohybových aktivit během zápasu bylo 1050. Rozehrávač naběhal statisticky významně víc než ostatní dvě herní pozice ($p < 0,01$). Procentuální časové setrvání v jednotlivých pohybových aktivitách: stání 15,5 %, chůze 14,4 %, ÚNI 14,2 %, pobíhání 11,6 %, ÚSI 17,7 %, běh 10,4 %, ÚVI 8,8 %, skoky 2 %, sprint 5,3 %. Průměrná srdeční frekvence během zápasu byla 171 ± 4 tepů/min, což bylo 91 % SF_{\max} . I zde byl významný rozdíl mezi jednotlivými posty s tím, že vyšší SF měl rozehrávač ($p < 0,01$). Průměrná hladina laktátu byla 5,49 mmol/l. Významný rozdíl byl mezi naměřenými hodnotami v půlce zápasu a na jeho konci 6,05 mmol/l a 4,94 mmol/l ($p < 0,001$). I zde byl mezi jednotlivými posty významný rozdíl. Hladina laktátu byla vyšší u rozehrávače ($p < 0,05$). Paradoxní pokles hladiny laktátu v krvi na konci zápasu autoři studie vysvětlují tím, že v poslední čtvrtině došlo k výraznému úbytku aktivit vysoké intenzity a častějšímu přerušování hry. Krustrop et al. (2006) však uvádějí, že hladina laktátu v krvi nekoreluje s hladinou laktátu ve svalech. Live time byl 35 min a 20 s.

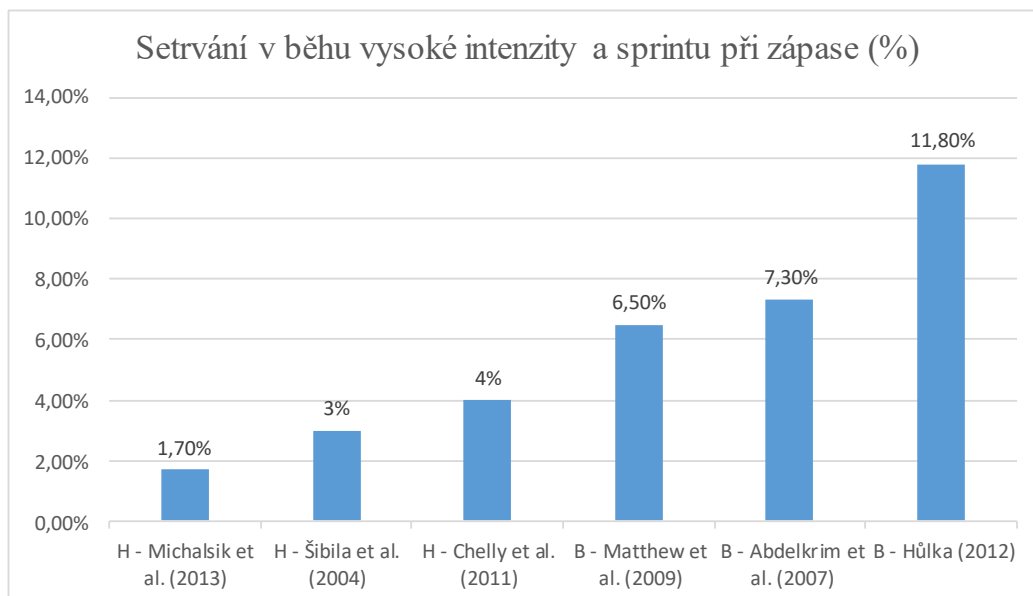
Dílič poznatky

Při porovnání celkového hracího času a počtu různých pohybových aktivit vychází, že ke změně pohybu došlo každou druhou sekundu. Trénink přerušovaného sprintu vylepšuje aerobní i anaerobní metabolismus, čímž se zvyšuje schopnost hráče častěji vykonávat sprint či vysoce intenzivní běh. I v této studii bylo zjištěno významné snížení aktivit ve vysoké intenzitě ve čtvrté čtvrtině oproti ostatním třem třetinám.

Hůlka (2012) analyzoval 3 zápasy juniorského týmu mužů (hráčů do 18 let). Hodnotil celkovou překonanou vzdálenost v zápase, průměrnou rychlost hráčů, procentuální setrvání v různých aktivitách dle zatížení (nízká intenzita – stoj, chůze, poklus; střední intenzita – běh vyšší intenzity; vysoká intenzita – běh vysoké intenzity, sprint), délku trvání (supra)maximálních činností, průměrnou srdeční frekvenci, setrvání v různých pásmech zatížení podle srdeční frekvence ($< 75 \% SF_{max}$, $75\% - 85 \% SF_{max}$, $85 \% - 95 \% SF_{max}$, $> 95 \% SF_{max}$).

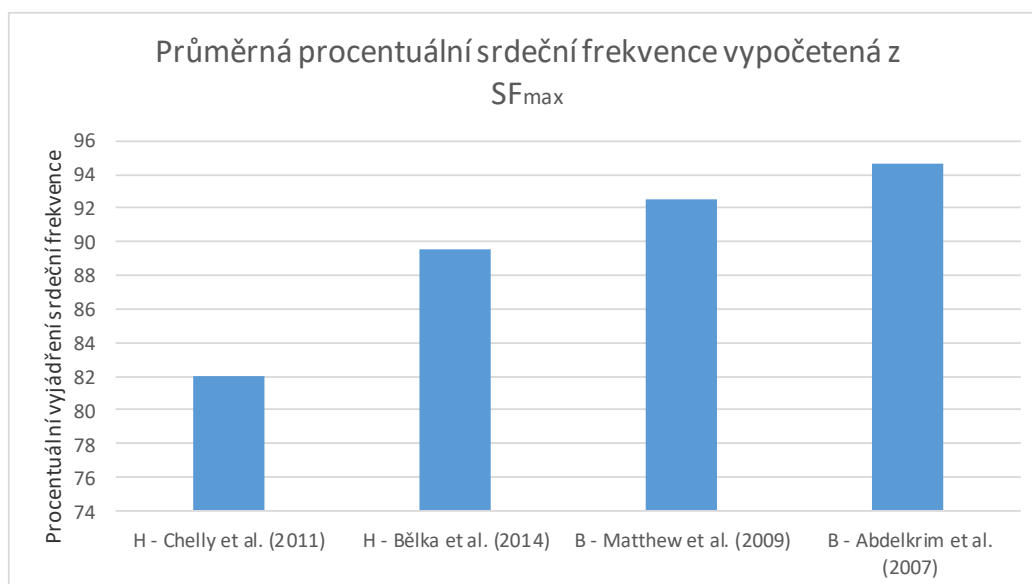
Výsledky

Celková uražená vzdálenost v zápase byla 5881 ± 831 m. Ze vzdálenosti byla vypočtena průměrná rychlost $2,4 \pm 0,2$ m/s. Stáním, chůzí a poklusem strávili hráči 68,8 % zápasu, během vyšší intenzity 19,4 % zápasu a během vysoké intenzity a sprintem 11,8 % zápasu. Počet (supra)maximálních aktivit bylo: 135 trvajících do 2 s, 53 trvajících do 4 s, 21 trvajících nad 4 s, 33 výskoků, 210 zrychlení. Průměrná srdeční frekvence byla $167,5 \pm 13$ tepů/min, což odpovídá $85,06 \pm 6,4 \% SF_{max}$. V tepové frekvenci $< 75 \% SF_{max}$ strávili hráči 10,6 % času, v tepové frekvenci $75 \% - 85 \% SF_{max}$ strávili hráči 26,3 % času, v rozmezí $85 \% - 95 \% SF_{max}$ strávili 49,1 % času a nad $95 \% SF_{max}$ 14 % času. Zajímavé bylo porovnávat výsledky jednotlivých postů mezi sebou. Rozehrávači překonali v dosažené vzdálenosti křídla o 9,33 % a pivotmany o 21,25 %. V porovnání setrvání hráčů nad úrovní $85 \% SF_{max}$ rozehrávači překonali křídla o 4,6 % a pivotmany o 13,6 %. V setrvání v aktivitách střední a vysoké intenzity pak rozehrávači předčili křídla o 6,6 % a pivotmany o 16,6 %. Výrazný byl rozdíl v počtu zrychlení při zápase. Rozehrávačům bylo napočítáno v průměru 257 zrychlení, křídlům 223 a pivotmanům 171, což je o cca 34 % méně než u rozehrávačů. Z těchto výsledků je patrné, že mezi hráči existují výrazné rozdíly ve fyzických projevech a tedy i ve fyzických požadavcích. Tato data by měla být důležitou informací pro trenéry, kteří by tyto údaje měli využít v tréninku vzhledem k jednotlivým herním postům.



Graf 1. Procentuální vyjádření času stráveného při běhu vysoké intenzity a sprintu v zápasech házené a basketbale.

Legenda: H – házená, B - basketbal



Graf 2. Průměrná procentuální srdeční frekvence během zápasu v házená a basketbale

Legenda: H – házená, B - basketbal

2.3 Implikace znalostí herních analýz do tréninku

Data získaná z analýz zápasů jsou pro trenéry důležitou informací pro plánování efektivního tréninkového programu a zmírnění stupně únavy a zatížení muskuloskeletálního systému (Bělka et al, 2014). Thorlund, Michalsik, Madsen a Aagaard (2008) ve své studii udávají, že odporovaný trénink je dobrý na snížení neuromuskulární únavy. Tempo tréninku by mělo být vedeno ve vysoké intenzitě se zakomponovanými specifickými prvky sportu, jako jsou akcelerace, brždění pohybu a časté změny pohybu (Bělka et al., 2014). Jelikož se převážná část lokomočních pohybů odehrává do vzdálenosti 15 m, je efektivnější věnovat se při tréninku spíše reakčním schopnostem a akceleraci než vyloženě sprintům na delší vzdálenosti. Navíc rozdílné výsledky napříč herními posty ve sledovaných zápasech evokují myšlenku věnovat se při tréninku také v některých věcech herním postům zvlášť (Michalsik, Aagaard, & Madsen, 2013). Protože jsou házená i basketbal sporty, kde se hráči pohybují většinu doby nad anaerobním prahem, je třeba dát zvýšenou pozornost anaerobnímu tréninku (Michalsik, Aagaard, & Madsen, 2013). S tím souvisí schopnost odbourávání laktátu při odpočinku, která lze zvýšit díky odbornému aerobnímu tréninku (Abdelkrim, Fazaa, & Ali, 2007). Rannou, Prioux, Zouhar, Gratas-Delamarche a Delamarche (2001) zdůrazňují důležitost fyziologické anaerobní kapacity, která je determinantou fyzického výkonu během zápasu. Organismus sportovců s vysokou anaerobní kapacitou je totiž zvyklý na vyšší koncentraci laktátu, který vzniká při anaerobních výkonech. Je také důležité znát výrazné rozdíly ve fyziologické odpovědi na fyzické zatížení u mužů a žen (Kirkendall, 2007). Například Myklebust et al. (2003) zjistili, že riziko zranění LCA lze významně snížit u žen při zakomponování neuromuskulárního programu do tréninkového procesu společně s trénováním stability a kvality doskoku.

2.4 Srovnání výkonnostních parametrů mezi hráči házené a basketbalu

Házená a basketbal mají mnoho společného co do pohybových aktivit. Je mezi nimi ale i mnoho rozdílných specifických aktivit. Efektivita provádění jednotlivých aktivit je předurčena specifickými rysy jejich fyzické vybavenosti. Házená i basketbal klade na hráče široké požadavky, protože hráči musí dokázat vyvinout silové výskoky, nesčetné množství změn pohybu či rychlé pohyby ze statické pozice díky krátkodobé

akceleraci, která se při tréninku i v zápase mnohokrát opakuje, což klade vysoké požadavky nejen na pohybový systém, ale i na anaerobní alaktátový systém.

Vilkas, Tubelis a Dadelene (2005) srovnávali výsledky určitých výkonnostních testů mezi hráčkami házené a basketbalu. V každém družstvu bylo 13 hráček ve věku 17 – 18 let, průměrná výška basketbalistek (dále jen „B“) byla – 186,5 cm, házenkářek (dále jen „H“) – 178,8 cm, průměrná hmotnost B - 74,1 kg, H - 67,9 kg. U hráček byly zjišťovány výsledky těchto dovedností: výška výskoku, trvání letu, kontrakční kapacita svalu (síla vygenerovaná při výskoku), anaerobní alaktátová kapacita svalu (délka zajištění maximálního nebo submaximálního výkonu z energetických zdrojů jako je ATP či CP), zátěž na ergometru trvající 10 s a 30 s, psychomotorická reaktivita.

Výsledky

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán ve výšce výskoku. Hráčky basketbalu vyskočily průměrně o 9,23 cm výš, než hráčky házené ($p < 0,001$). Z toho vyplývá kratší doba letu u hráček házené ($p < 0,01$). V absolutní svalové kontrakční kapacitě byl shledán významný rozdíl ve prospěch hráček basketbalu ($p < 0,01$). V relativních hodnotách, přepočtených na 1 kg hmotnosti, však už rozdíl významný nebyl. Významný rozdíl byl shledán v relativních hodnotách anaerobní alaktátové svalové kapacity ve prospěch hráček házené ($p < 0,05$). Absolutní hodnoty však rozdíl neukázaly. Stejně tak nebyl rozdíl v absolutních hodnotách deseti sekundové zátěže na ergometru, ale v relativních hodnotách byl opět významný rozdíl ve prospěch hráček házené ($p < 0,01$). Rozdíly v srdeční frekvenci a psychomotorické reaktivitě nebyly statisticky významné. Ze závěrů vyplývá, že hráčky basketbalu jsou somaticky vybavenější a lepší v silových aktivitách na dolních končetinách, ale hráčky házené jsou lepší ve vytrvalostních dovednostech, zejména v relativních hodnotách.

Šimonek, Hoříčka a Hianik (2017) srovnávali výsledky pohybových schopností u hráčů fotbalu, basketbalu, volejbalu a házené. Pro účely diplomové budou uvedeny jen výsledky týkající se hráčů basketbalu a házené. Do výzkumu bylo zahrnuto 41 chlapců, kteří měli s daným sportem 3-6 leté zkušenosti. 17 hráčů basketbalu (9 hráčů U 15 a 8 hráčů U 17) a 24 hráčů házené (12 hráčů U 15 a 12 hráčů U 17). Hodnoceny byly následující pohybové schopnosti: sprint na 10 metrů, sprint 30 metrů letmo, trojskok, Illinois agility test (obdoba člunkového běhu s jedním během pozpátku a slalomem), FAC - Fitro Agility Check (test reakčních schopností).

Dovednosti	B U 15	H U 15	B U 17	H U 17	B	H
Sprint 10 m (s)	2,28	1,94	1,9	1,89	1,99	1,92
Sprint 30 m letmo (s)	4,08	4	4,02	3,88	4,04	3,95
Trojskok (m)	8,2	9	10	9,6	9,38	9,33
Illinois test (s)	17,55	16,72	15,82	15,35	16,66	16,63
FAC test (ms)	1592	1460	1340	1420	1463	1447

Tabulka 1. Výsledky studie Šimonka, Hoříčky a Hianika (2017)

Legenda: B – hráči basketbalu; H – hráči házené; U 15 – věková kategorie do 15 let; U 17 – věková kategorie do 17 let

Ze závěru vyplývá, že v rychlostních dovednostech (sprint a illinois test) dominovali hráči házené v obou kategoriích. Ve trojskoku a FAC testu hráči házené v U 15 sice byli méně výkonní, ale v U 17 již dominovali.

2.5 Únava ve sportu

Mnoho faktorů hraje roli ve snížení výkonnosti v důsledku únavy. Jedním z nich je zvýšená aferentace z neuronů, které vedou nociceptivní informace. Ty jsou vysílány pravděpodobně z aferentních vláken III a IV, které jsou náchylné na zvýšenou koncentraci laktátu, jež je s únavou úzce spojena (Alfredson, Bjur, Thorsen, & Lorentzon, 2002). Nocicepce má inhibiční charakter a může tak snižovat tzv. firing alfamotoneuronů, čímž se současně snižuje svalová síla. Navíc motoneurony, které jsou často opakovaně aktivovány, se stávají méně reaktivními na další presynaptické impulzy. Při opakovaných maximálních svalových kontrakcích nedostávají svalová vlákna dostatek času k relaxaci. Tento stav je možné po určitou dobu překonat, neboť motoneurony upraví svou funkci tak, aby se co nejvíce jednotlivé kontrakce překrývaly a byla umožněna plná aktivace svalu. Tato strategie je však dočasná, neboť následnou únavu ještě víc prohlubuje. Alfredson et al. (2002) únavu rozdělují na kumulativní a přechodnou. Kumulativní se objektivně projevuje ve snížení naběhané vzdálenosti

a nižším výskytem velmi rychlého běhu či sprintu. Příčinou kumulativní únavy u týmových intermitentních sportů je snížení hladiny glykogenu ve svalech, zvýšení metabolismu, dlouhodobá zátěž kardiovaskulárního aparátu, zvýšené termoregulační zatížení apod. Přechodná pak nastává po dílčím usilovnějším výkonu a její rekonvalescence je dána dostatečností odpočinku při nižší zátěži nebo úplným klidem. Způsobena je zejména vyčerpáním rychlých energetických zdrojů, jako jsou ATP a PC (Rokyta et al., 2008). U sportovních aktivit je únava způsobena nejen metabolickými procesy, ale je snížena také kvůli nedostatečné schopnosti vůle k dalšímu výkonu se odhodlat. Dysbalance mezi tréninkovým/herním zatížením a únavou je nebezpečným rizikovým faktorem zranění. Z toho důvodu je potřeba únavu jednotlivých sportovců sledovat a individuálně indikovat delší dobu rekonvalescence, neboť nevýhoda uniformních tréninků spočívá v tom, že ne všichni hráči jsou na stejné výkonnostní úrovni (Marino, 2011).

Únava a EMD

Electromechanical delay, neboli elektromechanické zpoždění, (dále jen „EMD“) je doba mezi vznikem elektrické aktivity ve svalu a vytvořením jeho napětí. V této době musí proběhnout elektrický signál sarkolemou, t-tubuly a sarkoplazmatickým retikulem, kde dojde k uvolnění iontů Ca^{2+} , které se musí navázat na své vazebné místo na tropomyozinu. Tak může dojít k vytvoření aktinomyozinového můstku, který svou aktivitou dá vznik pohybu. Celou kaskádu reakcí únava prodlužuje, a tak se snižuje schopnost adekvátně rychlé reakce na zatížení, které může vyústit ve zranění (Zhou, McKenna, Lawson, Morrison, & Fairweather, 1996). Při akutní únavě může být EMD prodlouženo o 42 – 70 % oproti hodnotám před zátěží. Minshull, Gleeson, Walters-Edwards, Eston a Rees (2007) srovnávali vliv únavy na peak power a EMD mezi ženami a muži. Z výsledků vyplynulo, že u mužů došlo k výraznějšímu poklesu absolutní hodnoty peak power, ale u žen došlo naopak k výraznějšímu prodloužení. Změny v EMD, vyvolané únavou, mohou vyvolat změny ve funkční vlastnosti svalu. Při motorické aktivitě může dojít ke změně počtu či typu zapojených motorických jednotek nebo excitační frekvence (Minshull, Eston, Bailey, Rees, & Gleeson, 2012).

Chování EMD po zátěži zkoumali Conchola, Thompson a Smith (2013). Zátěž pro účastníky výzkumu představovaly 6 sekundové izometrické kontrakce, mezi kterými byla 4 sekundy pauza. Velikost zátěže byla 60 % maximální volní kontrakce a probíhala do maximální únavy, kdy už proband nebyl schopný cvik dále provádět. Při

srovnání EMD před zátěží a po zátěži byly zjištěny významné změny. Již před zátěží vykazovaly flexory kolenního kloubu oproti extenzorům kolenního kloubu kratší EMD. Po zátěži se EMD významně změnilo. Prodloužilo se jak u flexorů, tak u extenzorů kolenního kloubu. U extenzorů však došlo k výraznějšímu prodloužení. V době mezi 7. a 30. minutou po zátěži se hodnoty EMD u extenzorů přiblížily k původním hodnotám, tzn., významný rozdíl byl již smazán. U flexorů po zátěži EMD kleslo, avšak po dobu 30 minut bylo významně vyšší oproti původním hodnotám. Z výzkumu tedy vyplývá, že kratší EMD mají flexory kolenního kloubu (oproti extenzorům), ale zároveň potřebují delší dobu k optimalizaci EMD na původní hodnotu. S podobným závěrem přišli Zhou et al. (1996), kteří po zátěži naměřili návrat na původní hodnotu EMD u extenzorů kolenního kloubu do 10 min. Zde zátěž představovaly čtyři 30 sekundové maximální výkony na bicyklovém ergometru, mezi kterými byla 4 minutová přestávka.

2.5.1 Vliv únavy na neuromuskulární aktivitu

Thorlund et al. (2008) zkoumali vliv únavy na mechanické vlastnosti svalu a neuromuskulární aktivitu u 10 hráčů elitního týmu házené. Profil hráčů byl: průměrný věk $22,8 \pm 1,5$ let, průměrná výška $188,4 \pm 2,7$ cm, průměrná hmotnost $91,7 \pm 3$ kg. Před a po zátěži byly testovány tyto dovednosti: skok do výšky z podřepu (90° flexe v kolenních kloubech), maximální síla svalu při izometrické kontrakci, rychlost zapojení svalu (RFD – rate of force development). Dále bylo provedeno EMG měření m. vastus lateralis, m. rectus femoris, m. biceps femoris a m. semitendinosus. Jako poslední vylo vypočteno a H/Q ratio (poměr aktivity hamstringů vůči m. quadriceps femoris). Jako zátěž byla provedena simulace zápasu házené, při které hráči urazili cca 6500 m.

Výsledky

Po simulaci zápasu byly mnohé parametry významně sníženy. Významně nižší byla výška výskoku (z $39,23 \pm 2,08$ cm na $37,16 \pm 1,99$ cm tj. o 5,2 %; $p < 0,01$), snížila se energie při koncentrické fázi výskoku (z $8,07 \pm 0,79$ J/kg na $7,52 \pm 0,74$ J/kg; $p < 0,01$) i rychlost při odrazu byla významně snížena (z $2,77 \pm 0,39$ m/s na $2,7 \pm 0,38$ m/s; $p < 0,01$). Maximální svalová kontrakce m. quadriceps byla snížena o 11,3 % (z $3,9 \pm 0,63$ Nm/kg na $3,46 \pm 0,63$ Nm/kg; $p < 0,01$) a maximální svalová kontrakce hamstringů o 9,8 % (z $1,77 \pm 0,52$ Nm/kg na $1,59 \pm 0,54$ Nm/kg; $p < 0,05$). Po zátěži byl peak EMG při maximální svalové kontrakci m. quadriceps femoris snižen u m. rectus femoris o 5 %

a m. vastus lateralis o 28 %. RFD m. quadriceps femoris se významně snížilo v intervalech 0-50 ms, 0-100 ms a 0-200 ms. RFD hamstringů se významně snížilo v intervalech 0-100 ms a 0-200 ms, ale zvýšeno bylo v intervalu 0-30 ms ($p < 0,01$). H/Q ratio při maximální svalové kontrakci 0,43. Po zátěži nedošlo k výrazné změně. Jediná významná změna v tomto parametru nastala v intervalu 0-30 ms, kdy se H/Q ratio zvýšilo o 28,6 %.

Závěr

Zhoršení výkonnosti ve výskoku, snížená maximální volní kontrakce i RFD svědčí o zhoršené neuromuskulární aktivitě po zátěži. Snížená RFD totiž snižuje sílu a rychlost explozivních pohybů. Na neurofyziologické úrovni totiž nejspíš dochází ke změně zapojení motorických jednotek a snížené sumaci impulzů z CNS, což může být také způsobeno sníženou rychlostí vedení vzruchu (Masuda, Masuda, Sadoyama, Inaki, & Katsuta, 1999). Zajímavý poznatek byl, že k většímu snížení svalové aktivity (v parametru median power frequency) došlo na laterální straně dolní končetiny tj. u m. vastus lateralis a m. biceps femoris než na ostatních dvou svalech tj. u m. rectus femoris a m. semitendinosus. Mullany, O'Malley, Gibson a Vaughan (2002) naznačují, že by to mohlo být způsobeno existencí společné neurální dráhy při extenzi kolene mezi extenzory kolene a m. biceps femoris. Ostatně jsou to svaly, které chrání kolenní kloub před valgotizací. Navíc při zátěži může mít zhoršená maximální svalová síla vliv při nejrůznějších soubojích či prudkém zastavení pohybu. Snížená RFD bude ovlivňovat charakteristiku explozivních pohybů (akcelerace, sprint, úskoky), snížení výšky výskoku může hrát roli při blocích nebo naopak úspěšnosti střelby. Důležitým poznatkem je, že peak EMG, snížený u m. vastus lateralis o 28 % nabývá na významu o to víc, jestliže m. vastus lateralis vzhledem ke své mohutnosti přispívá k celkové kontrakci m. quadriceps femoris ze 40 % (Farahmand, Senavongse, & Amis, 1998). Thorlund et al. (2008) vysvětlují, že únava může být způsobena několika faktory. Mezi ně patří: vyčerpání glykogenu, snížení intracelulárního pH nebo změna na úrovni receptorů Ca^{2+} na svalových myofibrilách.

Zebis et al. (2011) zkoumali vliv únavy na koaktivaci agonistů a antagonistů LCA u hráčů elitního týmu házené při tzv. sidecutting manévru, což je úskok do boku na jednu dolní končetinu ve směru opačném než směřoval předchozí pohyb. Výzkumu se účastnilo 14 hráčů druhé nejvyšší národní ligy. Profil hráčů byl: průměrný věk 24 ± 5 let, průměrná výška 170 ± 3 cm, průměrná hmotnost 68 ± 9 kg. Hypotéza výzkumu

předpokládala změnu neuromuskulární aktivity jako odpověď na zátěži způsobenou únavu (simulací zápasu) a tudíž zvýšené riziko poškození LCA. Ve výzkumu byla měřena maximální svalová kontrakce m. quadriceps femoris a hamstringů, neuromuskulární aktivita hlavních flexorů a extenzorů kolenního kloubu (m. rectus femoris, mm. vasti med. et lat., mm. gastrocnemii med. et lat., m. semitendinosus a m. biceps femoris).

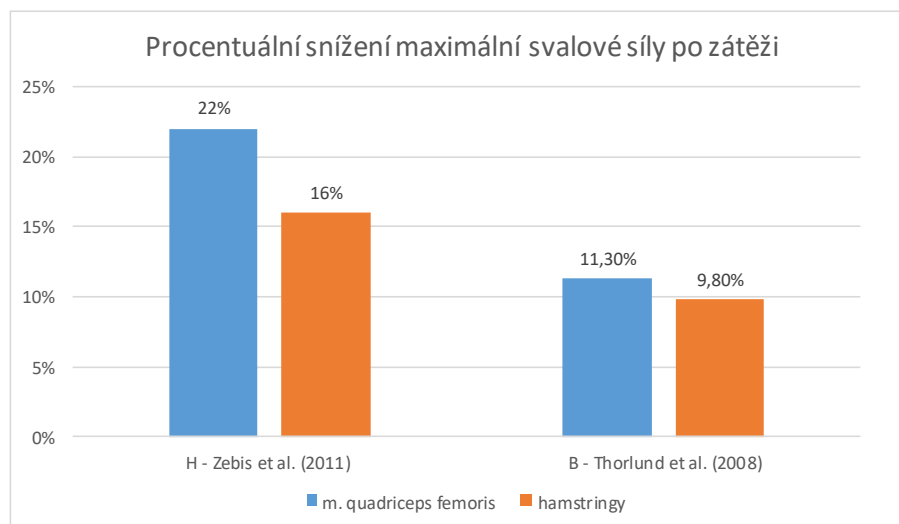
Výsledky

Maximální svalová kontrakce hamstringů se po zátěži snížila o 16 ± 12 % z $93,6 \pm 15,7$ Nm na $78,9 \pm 11,9$ Nm ($p=0,002$) a maximální svalová kontrakce m. quadriceps femoris se snížila o 22 ± 11 % z $205,4 \pm 20,5$ Nm na $160,3 \pm 27,4$ Nm ($p=0,001$). Ve fázi letu nebyly po zátěži zaznamenány změny neuromuskulární aktivity u extenzorů kolenního kloubu (m. rectus femoris et mm. vasti), ale u hamstringů ke změnám došlo. 50 ms před kontaktem nohy se zemí se snížila aktivita m. biceps femoris o cca 9 % ($p<0,05$), 10 ms před kontaktem se snížila aktivita m. biceps femoris o cca 10 % ($p<0,05$), dále se snížila aktivita m. semitendinosus o cca 9 % ($p<0,05$) a aktivita m. gastrocnemius lateralis o cca 7 % ($p<0,05$). Ve fázi dopadu na podložku se v prvních 10 ms snížila aktivita m. biceps femoris o cca 11% ($p<0,05$) a m. semitendinosus o cca 13 % ($p<0,05$). K významným změnám u dalších svalů nedošlo a to ani v další (odrazové) fázi sidecutting manévru.

Závěr

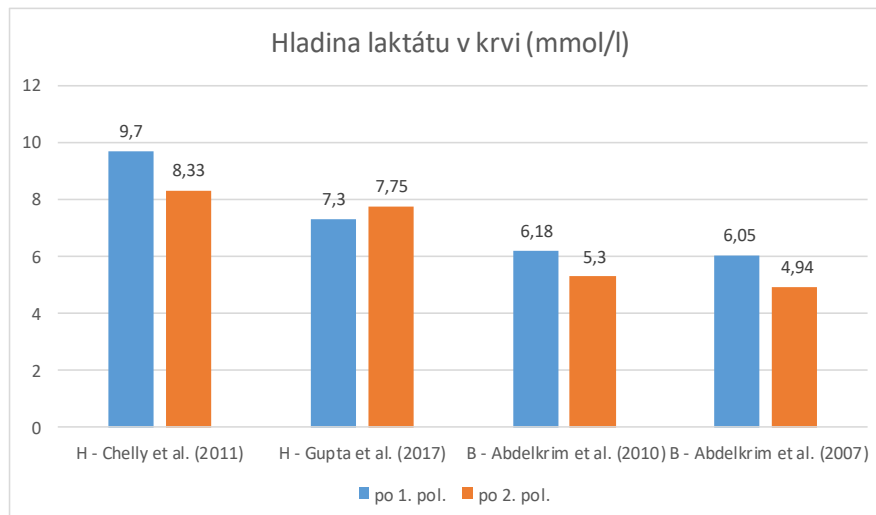
Hlavní poznatek této studie je, že při letové a dopadové fázi sidecutting manévru dochází při únavě ke zhoršené neuromuskulární aktivitě u hamstringů, což zvyšuje riziko nekontaktního poškození LCA. Zhoršená neuromuskulární aktivita je způsobena desynchronizací motorických jednotek, čímž nedojde k tak vysoké amplitudě EMG signálu a potažmo vyvinutí co největší svalové síly (Keenan, Farina, Maluf, Merletti, & Enoka, 2005). Dalším vysvětlením selektivní, únavou způsobenou redukcí neuromuskulární aktivity hamstringů může být strategie CNS snížit aktivitu flexorů kolenního kloubu proto, aby únavou oslabené extenzory kolenního kloubu neměly tak velký odpor při následné extenzi. Význam vlivu únavy na nekontaktní poškození LCA dokládá i fakt, že k těmto zraněním dochází více ke konci zápasu (Hawkins & Fuller, 1998). K největšímu poklesu aktivity hamstringů dochází při iniciační fázi kontaktu nohy se zemí a současně dochází k výrazné excentrické kontrakci m. quadriceps

femoris. Toto je mechanismus vzniku nejčastějšího poškození LCA. (Olsen, Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2004). Ochrana LCA ve frontální rovině zajišťuje m. semitendinosus i tím, že svým tahem zabraňuje valgotizaci kolenního kloubu. V tomto směru mají ženy větší nevýhodu oproti mužům, protože při letové a odrazové fázi mají v kolenním kloubu menší flexi, ale větší valgotické postavení (Malinzak, Colby, Kirkendall, Yu, & Garrett, 2001). K nejčastějšímu mechanickému poškození dochází právě při valgotizaci spolu s působením předozadních střížných sil, vnitřní či vnější rotací a uzamčeným kolenním kloubem v extenzi (Olsen et al., 2004). Bencke, Næsborg, Simonsen a Klausen (2000) udávají, že kvalitní funkce hamstringů dokáže redukovat právě předozadní střížné síly, které by mohly LCA traumatizovat, ale působí i ve vyrovnání rotací v kolenním kloubu. Stabilitu kolennímu kloubu (a tedy i LCA) ve smyslu kontroly rotace tibie dodávají i mm. gastrocnemii. Naopak Kapandji (1987) zmiňuje, že k vyššímu napětí LCA přispívají i následující faktory. Kvůli různé konfiguraci tibiálního plató, které není konkávní, se při flexi více posouvá dozadu laterální kondyl femuru. Navíc dochází při zvětšující flexi a současné kontrakci m. quadriceps femoris k většímu tlaku pately na kondyly femuru.



Graf 3. Procentuální snížení maximální svalové síly m. quadriceps femoris a hamstringů po simulované zápasové zátěži

Legenda: H – házená, B - basketbal



Graf 4. Hladina laktátu v krvi u sportovců po zápase

Legenda: H – házená, B - basketbal

2.6 Zranění ve sportu

2.6.1 Mládežnické kategorie

Yde a Nielson (1990) sledovali po dobu devíti měsíců četnost zranění u 150 sportovců. 94 z nich hrálo házenou (40 chlapců a 54 dívek) a 56 basketbal (27 chlapců a 29 dívek). Věk sportovců byl od <10 do 18 let. V tomto období došlo u těchto hráčů a hráček k 57 zranění. V tomto souboru nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi počtem zranění u chlapců a dívek. Z výzkumu vyplynulo, že při házené dochází k 4,1 zranění na 1000 herních hodin oproti 3 zraněním na 1000 herních hodin v basketbale (při trénincích i zápasech dohromady). V zápase dochází k zranění častěji v házené (10 zraněných na 1000 herních hodin) než v basketbalu (5,7 zranění na 1000 herních hodin). Při tréninku však dochází častěji ke zranění v basketbalu (2,4 zranění na 1000 herních hodin) než v házené (1,9 zranění na 1000 herních hodin). Zajímavý poznatek byl, že výskyt zranění rapidně rostl s věkem. U hráčů mladších 10 let ke zranění nedošlo. Ve věku 10 – 14 let se v házené objevilo zranění u 13 % hráčů, ale ve stejné věkové kategorii v basketbalu k významnému zranění opět nedošlo. Ve věku 14 -18 let však bylo v házené zraněno 67 % hráčů a v basketbalu 62 % hráčů. Ke zranění došlo u obou sportů ve 33 % při běhu a v 9 % při brždění pohybu. Hlavní objasněnou příčinou zranění v basketbalu byl kontakt s míčem (43 %) a v házené kontakt s protihráčem (31

%). Nejčastěji postižená část těla byla v házené dolní končetina (65 %, z toho ve 40 % kotník) a v basketbale shodně horní i dolní končetina (43 %, z toho ve 33 % kotník).

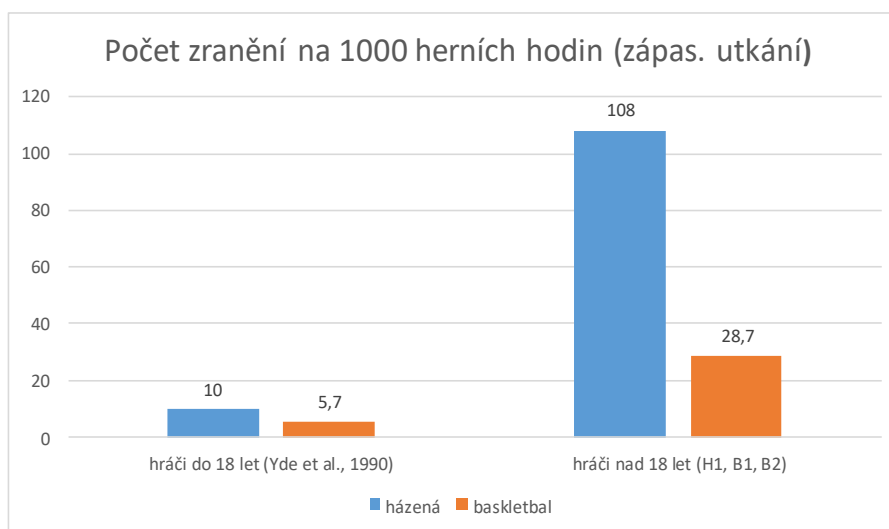
2.6.2 Házená dospělí

Langevoort, Myklebust, Dvorak a Junge (2007) sledovali četnost a typ zranění na 6 vrcholových turnajích (evropský pohár, světový pohár a olympiáda). Ve třech případech šlo o ženské turnaje a ve třech případech o mužské turnaje. Během těchto turnajů došlo k 478 zraněním, z čehož plyne incidence 108 zranění na 1000 herních hodin. Autoři uvádějí, že převážná část všech zranění se udála na dolních končetinách (197 - 42 %). Z nichž v 45 % došlo ke kontuzi, v 25 % k subluxaci, v 10,6 % k natažení nebo natržení svalu, v 7 % k ruptuře vazů, v 1 % k lézi menisku a v 0,5 % k ruptuře šlachy. V 18 % došlo ke zranění v oblasti hlezenního kloubu a v 13 % k poranění v oblasti kolenního kloubu. Ze všech ruptur vazů došlo k ruptuře LCA v šesti případech. Z toho v pěti případech u žen a jen v jednom případě u mužů. To odpovídá tvrzení, které vyjádřili Myklebust, Maehlum, Holm a Bahr (1998), že u žen dochází pětkrát častěji k lézi ALC než u mužů. U žen také došlo k více zraněním, které nebyly způsobené kontaktem s protihráčkou nebo předmětem (míč, branka apod.), než u mužů - 20 % vs. 12 % ($p < 0,001$). Poměrné zastoupení zranění, které způsobily absenci v dalších zápasech, bylo u žen významně menší než u mužů - 22 % vs. 38 % ($p < 0,001$). Zajímavý byl i poznatek, že k téměř polovině všech zranění (45 %) došlo v prostředních deseti minutách v obou poločasech, což však představuje jednu třetinu doby zápasu. V tomto období došlo z 58 % k nekontaktním zraněním.

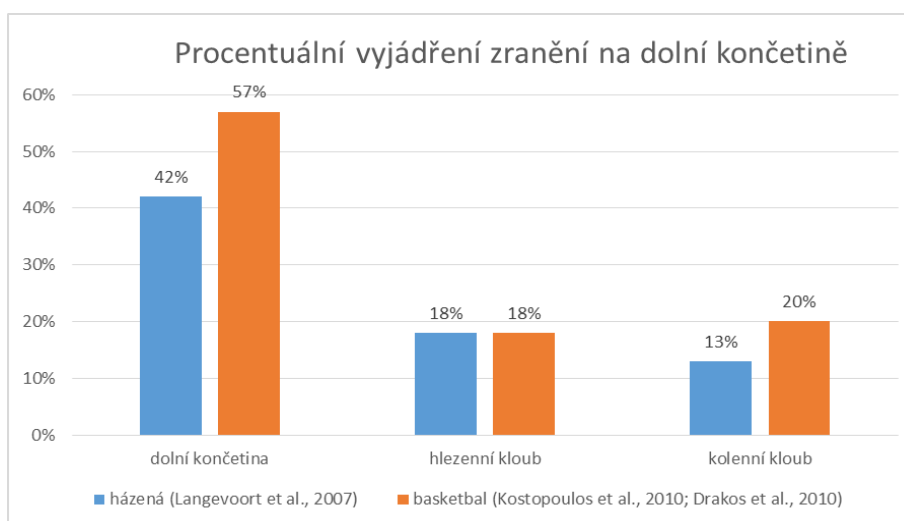
2.6.3 Basketbal dospělí

Po dobu jedné sezóny sledovali Kostopoulos a Dimitrios (2010) 90 hráčů z 8 týmů dvou seniorských divizí. Za toto období došlo k 45 výraznějším zraněním, z nichž 54 % bylo na dolních končetinách. Nejčastější zranění (46,5 %) byla subluxace. Na dolních končetinách to v 15,5 % všech zranění bylo u hlezenního kloubu a shodně v 15,5 % případů u kolenního kloubu. Druhým nejčastějším zraněním bylo natažení svalu, které se opět nacházelo převážně na dolních končetinách. V 6,5 % šlo o natažení svalů stehna a v 9 % natažení svalů lýtky. Co se týká oblasti lidského těla, nejvíce zasaženou oblastí byl kolenní kloub, kde došlo ke zranění ve 20 %. Ve třech případech došlo k lézi LCA, ve dvou případech k lézi mediálního kolaterálního vazů, ve dvou případech k natržení menisku, v jednom případě k nešťastné triádě a ve dvou případech

k neurčitému zranění. Drakos, Domb, Starkey, Callahen a Allen (2010) mapovali po dobu 17 let výskyt a typ zranění v Národní basketbalové asociaci (NBA) u cca 90 % všech týmů. V průběhu těchto sezón došlo k 12 594 zraněním. Z toho téměř polovina 6 287 (49,9 %) se stala při zápase. Vypočtená incidence byla 19,1 zranění na 1000 zápasů, tedy 28,7 zranění na 1000 zápasových hodin. Počet zranění nijak nekoreloval s tělesnými proporcemi. Nejčastěji zraněnou částí těla v zápasech byla dolní končetina (57,8 %). V 17,9 % byl konkrétně postižen kotník, v 10,1 % česka a v 9% kolenní kloub.



Graf 5. Četnost zranění v házené a basketbale na 1000 herních hodin u mladistvých a dospělých



Graf 6. Procentuální vyjádření zranění na dolních končetinách, kolenním a hlezenním kloubu (vzhledem ke všem zraněním) v házené a basketbale

2.7 Sidecutting manévr

Sidecutting manévr je brzdící pohyb celého těla na jedné dolní končetině s následnou změnou směru. V první fázi (brzdící) dochází k excentrické kontrakci m. quadriceps femoris a následuje druhá fáze (odrazová), kdy dochází ke koncentrické aktivitě téhož svalu. Jde o velmi náročný pohyb vykonávaný ve všech kloubech dolní končetiny, avšak nejvíc zatěžující kolenní kloub. Riziko zranění při tomto manévru se významně zvyšuje s narůstající rychlostí pohybu, ale i aktuální únavou, která může způsobit nedostatečně rychlou a silnou stabilizaci kloubu. Při samotném sidecutting manévru totiž nedochází k tak velkému silovému působení, které by mohlo mít destruktivní účinek na LCA (Simonsen et al., 2000).

2.7.1 Analýza sidecutting manévru v basketbale

Charakteristika výzkumu

Xie, Urabe, Ochiai, Kobayashi a Maeda (2013) analyzovali průběh sidecutting manévru u 10 hráček basketbalu na nedominantní dolní končetině. Profil hráček byl: průměrný věk $20,9 \pm 2$ roky, průměrná výška $158,4 \pm 7$ cm, průměrná hmotnost $52,8 \pm 5,9$ kg a herní zkušenosti cca 5 let. Autoři výzkumu se zaměřili na pozorování uhlových parametrů při dopadové a odrazové fázi sidecutting manévru a velikost aktivace m. quadriceps femoris a hamstringů a H/Q indexu.

Výsledky

Dopadová fáze trvala v průměru 127 ms a odrazová fáze 156 ms. Zajímavé bylo zjištění, že u některých hráček došlo k dvojitmu valgotickému zaúhlení a u některých k jednovrcholovému valgotickému zaúhlení. V prvním případě to bylo jedenkrát v dopadové fázi a jedenkrát v odrazové fázi (v průměru byla velikost valgotického zaúhlení $11,7^\circ \pm 5,6^\circ$ a $9,7^\circ \pm 3,5^\circ$) v druhém případě bylo maximum valgotického zaúhlení v přechodu mezi dopadovou a odrazovou fází (průměrná velikost zaúhlení v tomto případě byla $19,5^\circ \pm 10,3^\circ$). Při dopadové fázi m. quadriceps femoris vyvinul sílu $171,5 \pm 50$ % maximální volní svalové kontrakce, kdežto hamstringy pouze $59,5 \pm 28,3$ % maximální svalové kontrakce. V odrazové fázi vyvinul m. quadriceps femoris sílu 70 ± 50 % maximální svalové kontrakce, kdežto hamstringy $53 \pm 35,7$ % maximální svalové kontrakce. Maximální svalová kontrakce m. quadriceps femoris se v odrazové fázi významně snížila ($p < 0,001$). Stejně tak významný rozdíl byl naměřen

v H/Q indexu. V dopadové fázi byla hodnota H/Q indexu $0,32 \pm 0,13$ a v odrazové fázi $0,89 \pm 0,07$ ($p < 0,001$).

Závěr

McLean, Huang, Su a van den Bogert (2004) zdůrazňují, že zvýšené valgotické zaúhlení v kolenním kloubu je dominantní rizikový faktor pro zranění LCA při sidecutting manévru u žen, které navíc mají i nižší H/Q index. Olsen et al. (2004) konkretizují, že rizikové rozmezí je $5^\circ - 20^\circ$. Konkrétně je riziko poškození LCA vyšší v dopadové fázi ze třech důvodů, které v této studii byly dokázány. Za prvé se v této fázi více projevvalo valgotické zaúhlení. Za druhé zde byl výrazně nižší H/Q index a za třetí byl rozdíl v aktivaci m. quadriceps femoris a hamstringů větší o 112 %, přičemž riziko poškození LCA je výrazné od 80% rozdílu. Na druhou stranu např. Krosshaug et al. (2007) uvádějí, že nejnebezpečnější doba pro poškození LCA při dopadové fázi je mezi 17 – 50 ms, co však není okamžik při největším valgotickém zaúhlení, ale hlavní roli zde může hrát translační posun tibie vyvolaný silnou kontrakcí m. quadriceps femoris.

2.7.2 Sidecutting manévr v házené

Charakteristika výzkumu

Bencke et al. (2000) zjišťovali, zda cílený trénink hamstringů a mm. gastrocnemii zlepší motorický vzorec při sidecutting manévru ve prospěch stability a ochrany LCA. Výzkum prováděli na 17 hráčích elitního mužského týmu házené. Hráči byli rozděleni do výzkumné a kontrolní skupiny. Jejich profil byl (výzkumná sv. kontrolní skupina): průměrný věk 24,2 a 21,1 let, průměrná výška 184 a 185 cm, průměrná hmotnost 84,8 a 80,5 kg. Během 12 týdnů obě skupiny trénovaly klasicky jako dříve, ale kontrolní skupina navíc absolvovala cvičební program zaměřený na koordinaci svalů kolenního kloubu. Měřeny byly tyto parametry: EMG svalů kolenního kloubu (mm. vasti lateralis et medialis, m. biceps femoris – caput longum, m. semitendinosus, mm. gastrocnemii lateralis et medialis) a reakční síla při dopadu (vertical ground reaction force - VGRF) měřená v BW (body weight), která představuje násobek hmotnosti těla.

Výsledky

Na reakční plošině během sidecutting manévru byly zaznamenány dva vrcholy tzv. „peak“. První peak představuje excentrickou fázi manévru a druhý fázi

koncentrickou. První peak měl průměrnou hodnotu $2,88 \pm 0,74$ BW a nastal v 41 ± 9 ms. Druhý peak měl průměrnou velikost $2,63 \pm 0,27$ BW a byl zaznamenán v 102 ± 14 ms. Ve výzkumné skupině došlo oproti skupině kontrolní ke statisticky významné změně v délce trvání kontaktu nohy s reakční plošinou z 290 ± 38 ms na 261 ± 22 ms ($p < 0,05$). Žádné významné rozdíly mezi skupinami v EMG aktivitě svalů při závěrečném měření nebyly zaznamenány.

Závěr

Zkrácení délky doby kontaktu nohy s plošinou bylo způsobeno hlavně zkrácením doby odrazu, tedy koncentrické fáze z 187 ± 32 ms na 160 ± 23 ms ($p < 0,05$). Důvodem bylo zřejmě vyvinutí větší síly při odrazu, která byla způsobena zlepšenou koordinací motorických jednotek v extenzorech kolenního kloubu, neboť průměrná hodnota druhého peaku u výzkumné skupiny se zvedla z $2,63$ BW na $2,75$ BW, což nebylo statisticky významné ($p = 0,08$), ale důležitou roli to hrát mohlo. Bencke et al. (2000) vysvětlují, že zkrácení doby trvání motorického úkonu svědčí o jeho kvalitnějším provedení. Zajímavý a pro praxi důležitý je fakt, že peaku hamstringů u výzkumné skupiny bylo dosaženo v kratším intervalu před dopadem na plošinu, což svědčí o zlepšení koordinace a hlavně o zkvalitnění proaktivní strategie CNS, který se připravuje na následující zatížení, a tak chrání měkké tkáně před nadměrným zatížením.

3 Praktická část

3.1 Cíle a hypotézy

3.1.1 Hlavní cíl

Cílem diplomové práce je hodnocení aktivity flexorů kolenního kloubu při vertikálním výskoku pomocí povrchové polyelektromyografie u hráček házené a hráček/hráčů basketbalu.

3.1.2 Dílčí cíl

Porovnání výsledků mezi hráčkami házené a hráčkami/hráči basketbalu na konci sezóny a začátku nové sezóny.

3.1.3 Hypotézy

H01: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na konci sezóny v kategorii U 13

H02: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na konci sezóny v kategorii U 15

H03: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na začátku nové sezóny v kategorii U 13

H04: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na začátku nové sezóny v kategorii U 15

H05: Není rozdíl v aktivitě svalů na konci a na začátku sezóny u všech hráčů/hráček

4 Metodika

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořily hráčky házené DHK Zora Olomouc věkové kategorie U 13 a U 15 (n=37), hráči a hráčky basketbalu OSK Olomouc a BK Prostějov věkové kategorie U 13 a U 15 (n=55). Výzkum probíhal v rámci projektu GAČR 16-13750S s názvem „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání.“ Hlavním řešitel projektu je Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr. a etickou komisí FTK UP Olomouc byl schválen 19. 3. 2015 (Příloha 1). Všechny účastnice a účastníci projektu byli před začátkem měření seznámeni s průběhem a obsahem výzkumu a poskytli informovaný souhlas, který byl podepsán zákonnými zástupci (Příloha 2). Vylučovacím kritériem bylo akutní zranění, které znemožňovalo vykonání vertikálního výskoku maximálním úsilím.

4.2 Příprava před měřením

4.2.1 Umístění elektrod

Svalová aktivita během vertikálního výskoku byla snímána pomocí polyEMG na dominantní dolní končetině. Dominantní dolní končetina byla určena podle testu výstupu na stupínek/schod. Dolní končetina, která udělala první krok, byla zvolena jako dominantní. EMG aktivita byla snímána ze svalů: m. gastrocnemius medialis (GM), biceps femoris (BF) a m. semitendinosus (ST). Daná dolní končetina byla očištěna vodou a osušena. Následovalo nalepení elektrod na svalová břívka. Elektrody byly uloženy paralelně ve vertikální poloze cca 1 cm od sebe a referenční elektroda byla umístěna do místa co nejbližšího kontaktu s kostí – tj. v tomto případě na tuberositas tibiae.

4.2.2 Technické parametry měření

Pro měření byly použity osmi-kanálové EMG systémy Noraxon MyoSystem 1400A a Noraxon TeleMyo 2400 G2 za současné synchronizace se silovou plošinou typ: PS-2142 (Pasco, Roseville, USA) o rozměrech 37x37 cm. Pro zpracování dat z povrchového signálu polyEMG byl vybrán program MyoResearch XP Master Version 1.03.07. Povrchové elektrody byly jednorázové, samolepící od firmy Kendall-ARBO

silver/silver chlorid s průměrem 24 mm a pevným hydrogelem. Odpor polyEMG přístroje byl $> 10 \text{ M}\Omega$.

4.3 Měření

Měření probíhala v budovách FTK UP, ve sportovních halách UP či v tréninkových prostorách sportovních týmů na polyEMG přístroji synchronizovaným se silovou plošinou, na které byly výskoky prováděny. Data pro tuto diplomovou práci byla shromažďována od května 2017 do prosince 2017. Před měřením si probandi či probandky oblékli tréninkový oděv a proběhla krátká rozcvička s protahovacími cviky a dynamickým rozběháním. Následně proběhla slovní i ukázková instruktáž požadovaného výkonu. Po nalepení elektrod si hráči či hráčky zkusili test nanečisto a zároveň byl zkontrolován EMG signál. Při zaznamenání chyby se zkontrolovaly elektrody, jejich kabelové připojení popř. se restartoval přístroj. Výchozí postavení bylo následující: nohy měly být mírně od sebe symetricky zatíženy, dále měl na pokyn následovat podřep do takové míry, aby v kolenních kloubech byl úhel 90° . Záda měla být narovnána a testovaná osoba se měla dívat rovně před sebe. Ruce měly být v bok. Větší pozornost byla zaměřena na postavení pat, neboť když při podřepu byly zvednuty paty, již se na EMG objevovala volní aktivita svalů. V takovém případě se měření opakovalo. Velmi důležitý byl pokyn: „Vyskoč přímo svisle vzhůru s co největším úsilím bez předchozího podřepu popř. bez zhrounutí dolů, bez zapružení v kolenou.“ Poté byla měřená osoba vyzvána, aby se připravila, následně udělala podřep a na slovo „ted“ nebo „pojd“, které bylo obsluhou přístroje zvoláno motivačním tónem, měla daný výskok provést. Prováděny byly vždy 3 výskoky (maximálně 4, když došlo k chybě měření). Mezi každým výskokem byla cca 30 sekundová pauza pro krátký odpočinek a zpracování dat. První pokus byl zkušební, druhý pokus byl zamýšlen pro analytické zpracování a třetí byl pro případ, že by EMG křivka druhého měření byla chybná. V rámci celého projektu dále všichni absolvovali další testy. 5 maximálních vertikálních skoků, 20 submaximálních vertikálních skoků a test single leg counter movement jump.

4.4 Metodika vyhodnocování výsledků

4.4.1 Analýza polyEMG záznamu

Při analýze byl u každého svalu zaznamenán čas dosažení peak power a čas při 10% rise z křivky aktivity svalu. Následným odečtením těchto časových hodnot bylo vypočteno EMD. Z úseku mezi 10% rise a peak power byly vyhodnoceny parametry mean frequency a mean amplitude, čili hodnoty při aktivitě svalu. Amplituda a frekvence pak byly získány i v klidovém stavu svalů. Následně se průměrné hodnoty vydělily hodnotami klidovými, aby se získala normalizovaná data, jež byla dále statisticky vyhodnocována. Pro analýzu dat byl použit záznam druhého pokusu. Pokud se pokus nevydařil, hodnotil se pokus třetí.

5 Výsledky

5.1 Hypotéza H01

H01: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na konci sezóny v kategorii U 13

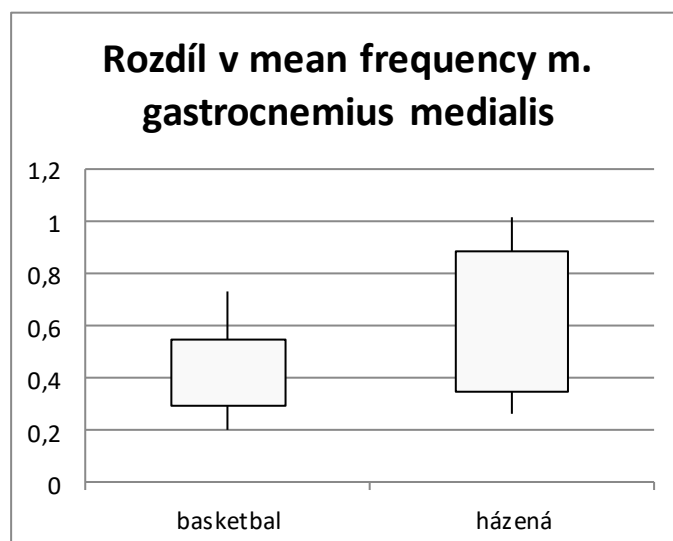
	U	Z	p-hodn.	Z - uprav.	p-hodn.
GM3 čas	75,0000	1,44433	0,148647	1,44444	0,148616
GM3 mean	91,0000	0,81976	0,412356	0,81976	0,412356
GM3 mf	63,0000	-1,91276	0,055779	-1,91276	0,055779
BF3 čas	98,0000	0,54650	0,584720	0,54650	0,584720
BF3 mean	92,0000	0,78072	0,434968	0,78072	0,434968
BF3 mf	76,0000	-1,40530	0,159934	-1,40530	0,159934
ST3 čas	95,0000	-0,66361	0,506939	-0,66361	0,506939
ST3 mean	104,0000	-0,31229	0,754822	-0,31229	0,754822
ST3 mf	89,0000	-0,89783	0,369278	-0,89783	0,369278

Tabulka 2. Test Mann-Whitney pro porovnání aktivity svalů u hráčů basketbalu a hráček házené na konci sezóny ve věkové kategorii U 13

Legenda: GM - m. gastrocnemius medialis; BF - m. biceps femoris; ST - m. semitendinosus; 3 - měření probíhalo na konci sezóny; čas - čas od první aktivity svalu po dosažení maximálních hodnot; mean – průměrná amplituda; mf – průměrná frekvence; p - hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl při $p < 0,05$.

V této hypotéze se porovnávaly výsledky 25 hráčů basketbalu a 9 hráček házené věkové kategorie U 13. Z výsledků plyne, že v žádném měřeném parametru elektrické aktivity svalů mezi hráči basketbalu a hráčkami házené v této věkové kategorii nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Ovšem parametr *GM3 mf* nabyl hodnotu $p = 0,055779$ a velmi se přiblížil statisticky významné hladině. Nižší hodnoty průměrné frekvence udávají větší svalovou únavu. Závěrem lze pouze zmínit zvýšenou svalovou únavu GM u hráčů basketbalu oproti hráčkám házené, ovšem ne statisticky významnou.

Hypotéza H01 byla potvrzena.



Graf 7. Gausovo rozložení průměrné frekvence u m. gastrocnemius medialis ve věkové kategorii U 13 na konci sezóny; $p > 0,05$

5.2 Hypotéza H02

H02: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na konci sezóny v kategorii U 15

	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
GM3 čas	96,0000	0,62458	0,532250	0,62458	0,532250
GM3 mean	86,0000	-1,01494	0,310137	-1,01494	0,310137
GM3 mf	41,0000	-2,77156	0,005579	-2,77156	0,005579
BF3 čas	85,5000	-1,03445	0,300925	-1,03453	0,300888
BF3 mean	111,0000	-0,03904	0,968862	-0,03904	0,968862
BF3 mf	42,0000	-2,73252	0,006286	-2,73252	0,006286
ST3 čas	93,5000	-0,72217	0,470193	-0,72222	0,470159
ST3 mean	110,0000	-0,07807	0,937771	-0,07807	0,937771
ST3 mf	41,0000	-2,77156	0,005579	-2,77156	0,005579

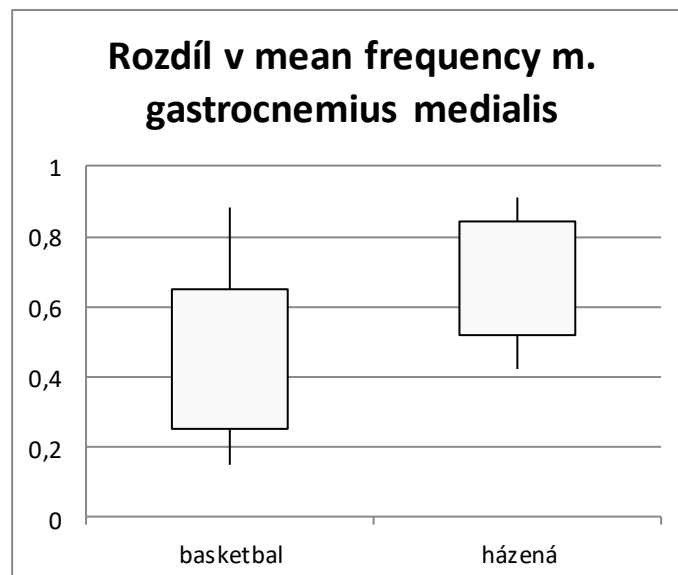
Tabulka 3. Test Mann-Whitney pro porovnání aktivity svalů u hráčů basketbalu a hráček házené na konci sezóny ve věkové kategorii U 15

Legenda: GM - m. gastrocnemius medialis; BF - m. biceps femoris; ST - m. semitendinosus; 3 - měření probíhalo na konci sezóny; čas - čas od první aktivity svalu po dosažení maximálních hodnot; mean – průměrná amplituda; mf – průměrná frekvence; p - hladina statistické významnosti. Významné statistický rozdíl při $p < 0,05$.

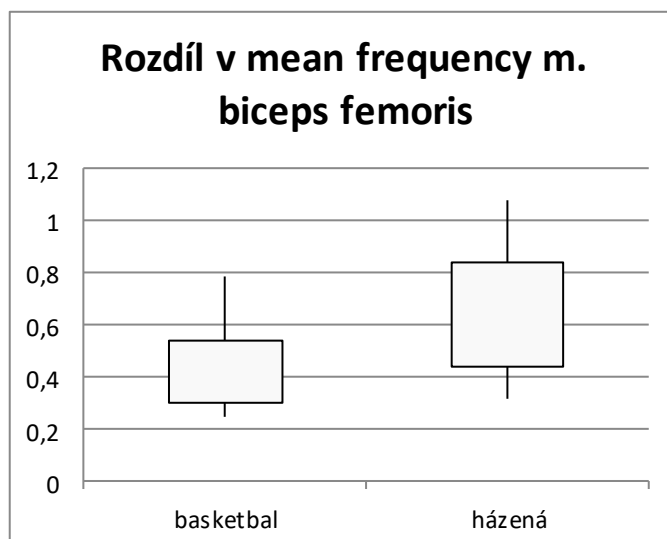
V této hypotéze se porovnávaly výsledky 25 hráčů basketbalu a 9 hráček házené. Z výsledků plyne, že ve frekvenčních analýzách všech svalů tedy u GM, BF a ST byly naměřeny statisticky významné rozdíly mezi oběma sporty. Ve všech případech byla průměrná frekvence snížena u hráčů basketbalu. Hladina významnosti u GM byla $p = 0,005579$. Průměrná hodnota mean frequency u hráčů basketbalu byla 0,442458 a u hráček házené 0,68134. Hladina významnosti u BF byla $p = 0,006286$. Průměrná hodnota mean frequency u hráčů basketbalu byla 0,421077 a u hráček házené 0,67788. Hladina významnosti u ST $p = 0,005579$. Průměrná hodnota mean frequency u hráčů basketbalu byla 0,473434 a u hráček házené 0,7058.

Parametr mean frequency ve věkové kategorii U 15 odhalil tentokrát dokonce vysoce významný rozdíl a to u všech měřených svalů. Ve všech případech mají nižší hodnoty a tedy vyšší únavu na konci sezóny hráči basketbalu.

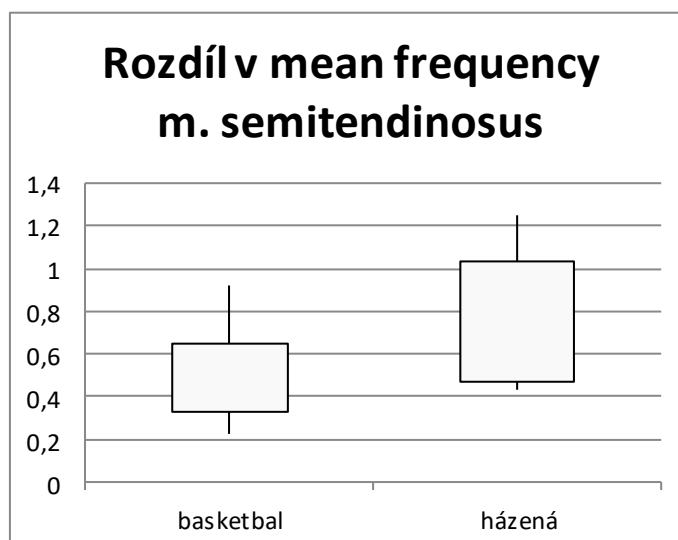
Hypotéza H02 byla zamítnuta.



Graf 8. Gausovo rozložení průměrné frekvence u m. gastrocnemius medialis ve věkové kategorii U 15 na konci sezóny; $p < 0,01$



Graf 9. Gausovo rozložení průměrné frekvence u m. biceps femoris ve věkové kategorii U 15 na konci sezóny; $p < 0,01$



Graf 10. Gausovo rozložení průměrné frekvence u m. semitendinosus ve věkové kategorii U 15 na konci sezóny; $p < 0,01$

5.3 Hypotéza H03

H03: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na začátku nové sezóny v kategorii U 13

	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
GM4 čas	184,0000	-0,07081	0,943553	-0,07081	0,943553
GM4 mean	146,0000	-1,14704	0,251365	-1,14704	0,251365
GM4 mf	177,0000	-0,26906	0,787884	-0,26906	0,787884
BF4 čas	178,0000	-0,24074	0,809759	-0,24074	0,809759
BF4 mean	138,0000	-1,37362	0,169561	-1,37362	0,169561
BF4 mf	159,0000	-0,77886	0,436065	-0,77886	0,436065
ST4 čas	176,5000	-0,28322	0,777008	-0,28323	0,776997
ST4 mean	179,0000	-0,21242	0,831783	-0,21242	0,831783
ST4 mf	171,0000	0,43899	0,660668	0,43899	0,660668

Tabulka 4. Test Mann-Whitney pro porovnání aktivity svalů u hráčů basketbalu a hráček házené na začátku nové sezóny ve věkové kategorii U 13

Legenda: GM - m. gastrocnemius medialis; BF - m. biceps femoris; ST - m. semitendinosus; 4 - měření probíhalo na začátku nové sezóny; čas - čas od první aktivity svalu po dosažení maximálních hodnot; p - hladina statistické významnosti. Významné statistický rozdíl při $p < 0,05$.

Do porovnávání dat získaných na začátku nové sezóny byly zahrnuty výsledky 17 hráčů basketbalu a 22 hráček házené soutěžní kategorie U 13. Z výsledků měření je patrné, že v žádném z měřených parametrů nebyl odhalen statisticky významný rozdíl. Tento výsledek se dá očekávat z pohledu dostatečné regenerace či mírnějšího herního a tréninkového zatížení před novou sezónou, ale také v kontextu toho, že na konci minulé sezóny, kdy dlouhodobá únava vrcholila, nebyl také zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl.

Hypotéza H03 byla potvrzena.

5.4 Hypotéza H04

H04: Není rozdíl v aktivitě svalů mezi hráči/hráčkami obou sportů na začátku nové sezóny v kategorii U 15

	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
GM4 čas	74,0000	-0,75632	0,449456	-0,75644	0,449387
GM4 mean	71,0000	0,90271	0,366682	0,90285	0,366609
GM4 mf	84,0000	-0,26837	0,788413	-0,26841	0,788381
BF4 čas	85,0000	-0,21958	0,826200	-0,21961	0,826174
BF4 mean	90,0000	0,02440	0,980536	0,02440	0,980533
BF4 mf	54,0000	-1,73222	0,083235	-1,73249	0,083188
ST4 čas	79,0000	-0,51235	0,608408	-0,51243	0,608353
ST4 mean	52,0000	1,82981	0,067279	1,83009	0,067237
ST4 mf	73,0000	-0,80512	0,420752	-0,80524	0,420682

Tabulka 5. Test Mann-Whitney pro porovnání aktivity svalů u hráčů basketbalu a hráček házené na začátku nové sezóny ve věkové kategorii U 15

Legenda: GM - m. gastrocnemius medialis; BF - m. biceps femoris; ST - m. semitendinosus; 4 - měření probíhalo na začátku nové sezóny; čas - čas od první aktivity svalu po dosažení maximálních hodnot; p - hladina statistické významnosti. Významné statistický rozdíl při $p < 0,05$.

Měření na začátku nové sezóny se zúčastnilo 15 hráčů basketbalu a 12 hráček házené soutěžní kategorie U 15. V tomto období nebyl naměřen žádný statisticky významný rozdíl jednotlivých svalů mezi oběma sporty. Podobně jako u kategorie U 13 lze tento jev zdůvodnit nižším herním zatížením a dlouhodobějším regeneračním obdobím po konci minulé sezóny. Za zmínku však stojí dvě hodnoty, které se statistická významnosti blíží. Jedná se o *BF4 mf* a *ST4 mean*. Hodnota mean frequency nabyla hodnoty u BF $p = 0,083188$ a hodnota mean amplitude u ST $p = 0,067237$. V případě m. biceps femoris podobně jako u hypotézy H02 tato hodnoty svědčí o výraznější únavě u basketbalistů. Průměrná amplituda ST však vyšla na začátku sezóny vyšší u hráček házené, což buď nasvědčuje únavě, která je následkem přípravy na novou sezónu, neboť na konci sezóny byla únava svalu v podobě snížené frekvence naměřena u basketbalistů, nebo jde o chybu měření či zpracování dat. Každopádně jsou tyto rozdíly ze statistického hlediska nevýznamné.

Hypotéza H04 byla potvrzena.

5.5 Hypotéza H05

H05: Není rozdíl v aktivitě svalů na konci a na začátku sezóny u všech hráčů a hráček

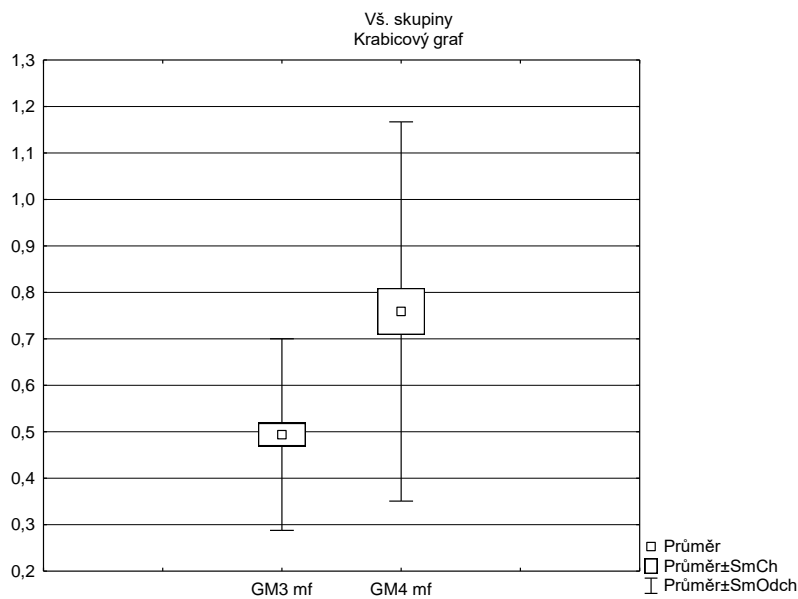
	Počet platných	T	Z	p-hodn.
GM3 čas & GM4 čas	42	421,0000	0,381362	0,702935
GM3 mean & GM4 mean	42	331,0000	1,506691	0,131891
GM3 mf & GM4 mf	42	267,0000	2,306926	0,021060
BF3 čas & BF4 čas	42	415,5000	0,450132	0,652616
BF3 mean & BF4 mean	42	424,0000	0,343851	0,730959
BF3 mf & BF4 mf	42	388,0000	0,793983	0,427206
ST3 čas & ST4 čas	42	439,0000	0,156296	0,875800
ST3 mean & ST4 mean	42	147,0000	3,807366	0,000140
ST3 mf & ST4 mf	42	304,0000	1,844290	0,065142

Tabulka 6. Wilcoxonův párový test pro porovnání aktivity svalů na konci sezóny a začátku nové sezóny u všech hráčů a hráček obou sportů

Legenda: GM - m. gastrocnemius medialis; BF - m. biceps femoris; ST - m. semitendinosus; 3 - měření probíhalo na konci sezóny; 4 - měření probíhalo na začátku nové sezóny; čas - čas od první aktivity svalu po dosažení maximálních hodnot; p - hladina statistické významnosti. Významné statistický rozdíl při $p < 0,05$.

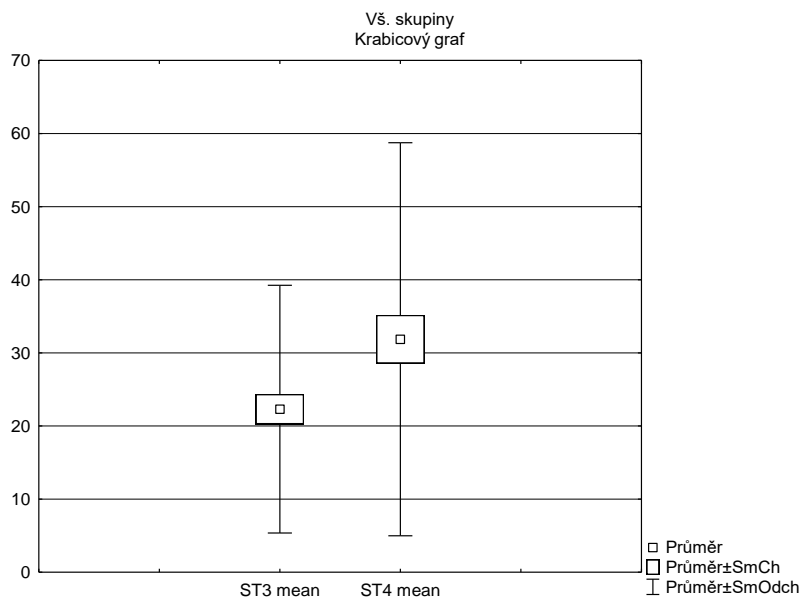
Při posouzení rozdílu aktivity svalů mezi koncem sezóny a začátkem nové sezóny byly naměřeny dvě významně rozdílné proměnné. Jednalo se o mean frequency m. gastrocnemius medialis a mean amplitud m. semitendinosus. V případě MG byla frekvence na konci sezóny významně nižší, což může být ukazatel vyšší svalové únavy. Naopak v případě ST byly hodnoty mean amplitud na konci sezóny nižší, přestože by se v důsledku chronické únavy dalo očekávat zvýšení průměrné amplitudy. Tento jev však může být způsoben chybou měření či analýzou EMG záznamu.

Hypotéza H05 byla zamítnuta.



Graf 12. Krabicový graf Wilcoxonova párového testu porovnávající průměrnou frekvenci m. gastrocnemius medialis na konci sezóny a začátku nové sezóny u všech hráčů a hráček

Legenda: GM – m. gastrocnemius medialis; 3 – měření na konci sezóny; 4 – měření na začátku nové sezóny; mf – mean frequency



Graf 13. Krabicový graf Wilcoxonova párového testu porovnávající průměrnou amplitudu m. semitendinosus na konci sezóny a začátku nové sezóny u všech hráčů a hráček

Legenda: ST – m. semitendinosus; 3 – měření na konci sezóny; 4 – měření na začátku nové sezóny; mean – mean amplitude

6 Diskuze

Cílem této studie bylo zhodnotit aktivitu flexorů kolenního kloubu u hráčů/hráček basketbalu a hráček házené a následně zjistit, zda u měřené věkové kategorie U 13 a U 15 je v této aktivitě mezi oběma sporty rozdíl. Odhalení rozdílu by mohlo vypovídat o vyšším zatížení neuromuskulárního systému v tom daném sportu, ale také vyššímu riziku vzniku zranění.

V původním plánu bylo srovnávat hráčky basketbalu s hráčkami házené. Na konci sezóny se podařilo ovšem naměřit aktivitu svalů jen u pěti hráček basketbalu a na začátku další sezóny již se nepodařilo data získat od žádných hráček basketbalu. Naproti tomu nebyli měřeni žádní hráči házené. V této práci proto srovnávám soubor chlapců s pěti dívkami, kteří hrají basketbal se souborem dívek, které hrají házenou. Jak ovšem ve svých výzkumech dokázali Rinard, Clarkson, Smith a Grossman (2000) a Sayers a Clarkson (2001), v době rekonvalescence není mezi ženami a muži žádný významný rozdíl. V této práci se jedná o dlouhodobou, kumulativní únavu nikoli o únavu po akutním zatížení. V akutní únavě totiž rozdíl mezi muži a ženami je. Přestože muži vykazují výrazně vyšší svalovou sílu než ženy, také u nich dochází k rychlejšímu nástupu únavy (Hunter, Ryan, Ortega, & Enoka, 2002; Pincivero, Gandaio, & Ito, 2003). Hiemstra, Lo a Fowler (2001) naznačují, že svalovou únavu způsobuje změna funkce svalových vřetének na základě svalové ischemie. To by vysvětlovalo rychlejší únavu u mužů, kteří svou vyšší vygenerovanou silou ischemii ve svalstvu podporují. Tento fenomén rychlejší únavy u mužů však například vyvrátil Avi et al. (2010) u dorziflexorů kotníku. Toto pravidlo tedy nemusí platit pro všechny svalové skupiny.

Ve své diplomové práci jsem hodnotil dobu aktivace flexorů kolenního kloubu od doby 10% nárůstu do vrcholu aktivace, průměrnou frekvenci (mean frequency) a průměrnou amplitudu (mean amplitude) elektromyografického signálu. Pomocí EMG záznamu se svalová únava dá předpokládat z přítomnosti zvýšené amplitudy a snížené frekvence. Zvýšená hodnota amplitudy je způsobena nejspíše navýšením časové a/nebo prostorové sumace či synchronizací motorických jednotek. Snížená frekvence pak může být způsobená sníženou rychlostí vedení vzruchu, desynchronizací motorických jednotek či jejich vyčerpáním (Madeleine, Farina, Merletti, & Arendt-Nielsen, 2002). Houtman, Stegeman, van Dijk a Zwarts (2003) však upozorňují, že únava svalů a její následná kompenzace výkonnosti spočívá ve vyšším náboru motorických jednotek, což

sníženou myoelektrickou aktivitu může maskovat, ale z dlouhodobého hlediska je tato kompenzace ještě více vyčerpávající. Prodloužení doby mezi 10% nárůstem aktivity svalu a dosažením maximální hodnoty může ovlivnit únava na úrovni kortikální, kde může dojít ke změnám v plánování motorických programů. Dále mohou tuto dobu prodloužit změny excitace prvního či druhého motoneuronu, transmise mediátorů na neurosvalové ploténce, dráždivosti sarkoplazmatického retikula či samotné aktinomyozinové aktivity (Hiemstra et al., 2001).

Z výsledků studie vyplynulo, že po ukončení sezóny mezi hráči basketbalu a hráčkami házené ve věkové kategorii U 13 nebyl významný rozdíl v měřených elektromyografických parametrech, které by ozřejmily zvýšenou svalovou únavu mezi těmito sporty. Zmínil bych však přiblížení statistické významnosti u m. gastrocnemius medialis v parametru mean frequency. Tento sval totiž v dalších dvou hypotézách již statistické významnosti nabýval, byl tak nejčastěji diskutovaným svalem a zasluhuje zvýšenou pozornost. Ve věkové kategorii U 15 na konci sezóny, kde se porovnávala svalová aktivita mezi hráči basketbalu a hráčkami házené, byly zjištěny významné rozdíly u všech svalů. Ve všech třech případech se jednalo o snížení parametru mean frequency u hráčů basketbalu na hladině $p < 0,01$. Tento rozdíl oproti skupině U 13 dokazuje fakt, že mládež ve věkové skupině U 15 dosahuje vyšších výkonů, neboť se nachází v pozitivním progresu somatických změn (Doré, Bedu, & van Praagh, 2008). Kvůli podávání vyšších výkonů tak automaticky dochází k větší únavě a zvýšené potřebě regenerace. Vyšší výkonnost může také souviset s vyšším výskytem úrazů. Yde a Nielson (1990) za devět měsíců sledování dětské a dorostenecké kategorie v basketbale a házené zaznamenali v předělu čtrnáctého roku života radikální nárůst vzniku zranění. Ve věku 10 – 14 let se pouze v házené u 13 % dětí objevilo zranění. Ve věku 14 – 18 let však bylo v házené zraněno 67 % hráčů a v basketbale 62 % hráčů. Nejčastěji postižená část těla byla v házené dolní končetina (65 %) a v basketbale shodně horní i dolní končetina (43 %). V dorosteneckém věku je tedy nejrizikovější oblast zranění v obou sportech dolní končetina. Hráči věkové kategorie U 15 jsou tedy oproti kategorii U 13 rizikovější skupinou a chronická svalová únava na konci sezóny toto riziko může jen zvyšovat. Na začátku sezóny ve věkové kategorii U 13 nebyly shledány mezi oběma sporty žádné významné rozdíly. To se však dalo předpokládat, neboť na konci sezóny také nebyly zjištěny žádné rozdíly. Navíc se v tomto období již ani žádný měřený parametr významné rozdílnosti neblížil. Poslední srovnávací období

byl začátek sezóny u věkové kategorie U 15, kde opět nebyl zjištěn žádný významný rozdíl. Zde stojí za zmínku dva parametry, které se pouze hladině významnosti blížily. Jednalo se o mean frequency m. biceps femoris a mean amplitude m. semitendinosus. Průměrná frekvence u m. biceps femoris byla stále o něco nižší, což se dá interpretovat jako přetrvávající, ale již jen mírně zvýšená únava tohoto svalu u basketbalistů. V případě průměrné amplitudy u m. semitendinosus však byly vyšší hodnoty u házenkářek, což by nasvědčovalo vyšší svalové únavě u těchto sportovkyň, ale vzhledem k tomu, že na konci sezóny byla výraznější únava tohoto svalu u basketbalistů, je možné, že jde o statistickou chybu. Vyloučit se však nedá ani únava způsobená přípravou na sezonu. Té by totiž nasvědčoval fakt, že rozdíl mezi aktivitou m. semitendinosus na konci sezóny a začátku nové sezóny u všech hráčů a hráček dohromady svědčí o zvýšené únavě na začátku sezóny. Tvzení, že by hodnoty mean amplitude u m. semitendinosus ve čtvrté hypotéze způsobila statistická chyba u házenkářek, však nepodporuje fakt, že tento parametr byl významně rozdílný při srovnání aktivity svalů mezi koncem sezóny a začátkem nové sezóny jak u skupiny basketbalistů, tak u skupiny házenkářek. Vysvětlení tohoto jevu by mohl objasnit fakt, že před začátkem sezóny již hráči prochází přípravou na novou sezonu a v určitém zatížení jsou. Ve většině případů však v přípravě jde zejména o nespecifické zvyšování anaerobních a aerobních dovedností. Například při sprintu se ze 40 – 60 % zapojuje právě m. semitendinosus ale m. biceps femoris jen pouze z 18 – 40 % (Van den Tillaar, Solheim, & Bencke, 2017). Hamstringy jsou při basketbalu a házené významně zatíženy i jako stabilizátory kolenního kloubu. V přepočtu na celkový herní čas hráči změni pohyb během jedné minuty 25x. Celkově tedy během zápasu házené může dojít až k cca 1450 změnám pohybu (Bělka et al., 2014) a během zápasu házené k cca 1000 změnám pohybu (Abdelkrim et al., 2007). U žen je tento počet o 25 – 30 %. I tento fakt by tedy mohl být vysvětlením vyšší svalové únavy u basketbalistů, která byla v této studii popsána. Stovky změn pohybu během zápasu, během kterých nejprve musí dojít k zastavení pohybu do přechozího směru, jsou vykonávány při excentrických kontrakcích, které jsou energeticky náročnější než kontrakce koncentrické. Únava hamstringů může být zvýšena i vyšším zastoupením pohybů do boku, úskoků apod., kdy dochází k valgotickému či varotickému stresu, který hamstringy kompenzují svou koncentrickou kontrakcí – m. biceps femoris chrání kolenní kloub před varotizací a m. semitendinosus před valgotizací (Malinzak et al., 2001). Vyšší zastoupení těchto pohybů bylo v basketbale 20 % (Abdelkrim et al., 2010) oproti 7,4 % v házené

(Michalsik et al., 2013). Tato číslo tedy opět korespondují s výskytem vyšší únavy flexorů kolenního kloubu u basketbalistů. S poznatkem, který by vysvětloval zvýšený výskyt únavy u m. biceps femoris přišli Thorlund et al. (2008), neboť zaznamenali snížení frekvence myoelektrické aktivity na laterální straně stehna (u m. vastus lateralis a m. biceps femoris), což Mullany et al. (2002) vysvětlují tím, že by to mohlo být způsobeno existencí společné neurální dráhy při extenzi kolene mezi extenzory kolene a m. biceps femoris. Toto tvrzení podporuje nazírání na únavu jako na neuromuskulární problém. S dalším pohledem na důvod únavy hamstringů při sportu přicházejí Pinniger, Stelle a Groeller (2000), neboť dokázali, že během únavy dochází k biomechanickým změnám cyklu kroku při sprintu. Společně se sníženou flexí v kyčelním kloubu se prodlužuje doba extenze v kolenním kloubu při švihové fázi kroku. Při sprintu za současné únavy byla také u hamstringů zaznamenána zvýšená a prodloužená myoelektrická aktivita, kterou se organismus únavu snaží kompenzovat. Je to nejspíše proaktivní strategie pro ochranu měkkých tkání kolenního kloubu, ale z hlediska dlouhodobé strategie je tento děj ještě více vyčerpávající. Navíc tyto svaly, které svou excentrickou aktivitou zpomalují pohyb stehna při závěrečné švihové fázi, zde totiž mohou plnit ochrannou funkci před nadměrným svalovým natažením. Kawabata et al. (2000) uvádějí, že z hamstringů je častěji natažen m. biceps femoris. Domněnku, že by jeho natažení (spojené s bolestivostí tohoto svalu) mohlo hrát roli v nálezu zvýšené únavy na EMG záznamu, dokládají Houtman et al. (2003), kteří zjistili, že motorické jednotky svalů, které jsou chronicky bolestivé, vykazují známky únavy již před kontrakcí nebo se během kontrakce mnohem rychleji unaví. Sval, který v této studii vykazoval nejčastěji známky únavy, byl m. gastrocnemius medialis. Ten při mírné flexi od 5 - 10° funguje jako antagonist LCA, ale s větší flexí jeho role přechází v agonistu LCA. Hewett, Shultz a Griggin (2007) upozorňují, že při sidestep cutting manévru, při němž dochází k vnější rotaci a valgotickému stresu v kolenním kloubu, se výrazněji aktivuje mediální muskulatura kolenního kloubu, kde má své významné místo právě m. gastrocnemius medialis. V basketbale i házené je sidestep cutting manévr hojně využíván a zatížení na výše uvedený sval je tak výrazné. Xie et al. (2013) poukázali na snížení H/Q indexu při tomto manévru po únavě. Bence et al. (2000) navíc uvádějí, že tento index v průběhu celého manévru je na nejnižší úrovni při dopadu. O to důležitější je zde i dostatečná aktivace m. gastrocnemius medialis. Další zásadní účast tohoto svalu dosvědčují Čoh, Živkovič a Žvach (2016), neboť m. gastrocnemius medialis řadí mezi 4 svaly, které se dominantním způsobem podílí na výbušné síle při vertikálním výskoku.

Společně s m. gluteus maximus navíc dosahuje nejvyššího peaku. Stejně tak je jeho výrazná aktivace součástí výbušných pohybů na dolních končetinách.

V předchozích studiích Vilas et al. (2005) porovnávali výkonnostní charakteristiky mezi dorostenkami basketbalu a házené. Hráčky basketbalu byly lepší v silových schopnostech, ale hráčky házené dominovaly v dovednostech vytrvalostních. S podobným závěrem přišli i Šibila et al. (2010), kteří odhalili lepší výsledky hráček házené i v rychlostních dovednostech, ale v silové dovednosti byly lepší hráčky basketbalu. Z tohoto pohledu by se dala předpokládat vyšší aerobní kapacita hráček házené, která má přímý vliv na rychlejší regeneraci po únavě. To odpovídá výsledkům této studie. Neboť v porovnání trénovaných a netrénovaných jedinců vykazují prvně jmenovaní rychlejší metabolickou regeneraci (Short & Sedlock, 1997). Výzkumy, které se zabývaly pohybovou analýzou zápasu, dokázaly vyšší procentuální zastoupení sprintu a běhu vysoké intenzity (popř. výskoků) v basketbale. V házené se tyto energeticky nejnáročnější pohybové aktivity vyskytovaly mezi 1,7 – 4 % (Chelly et al., 2011; Michalsik et al., 2013; Šibila et al., 2004). V basketbale však výskyt těchto rychlých, dynamických pohybů byl mnohem vyšší. Jejich četnost se pohybovala v rozmezí 6,5 – 11,8 % (Abdelkrim et al., 2007; Hůlka, 2012; Matthew & Delextrat, 2009). Náročnost těchto pohybových aktivit a následná únava se tak podle Abdelkrima et al. (2007 et 2010) ukazuje v nižší hladině laktátu v druhé polovině zápasu basketbalu, neboť přítomnost vyšší únavy již nedovoluje hráčům podávat tak vysoký výkon. V házené tyto výsledky tak jasné nebyly, neboť Chelly et al. (2010) zaznamenali nižší hladinu laktátu v krvi v druhé polovině zápasu, kdežto Gupta et al. (2017) naměřili v druhém poločase hladinu laktátu dokonce vyšší. Vyšší intenzitu zatížení v basketbale dále dokládá Hůlka (2012), který průměrnou rychlost hráčů v zápase vypočítal na 2,4 m/s, kdežto Šibila et al. (2004) uvádějí průměrnou rychlost hráčů házené 1,45 m/s. I tomu odpovídá poměrné zastoupení chůze a stání v zápase. Abdelkrim et al. (2010) zaznamenali, že v průběhu zápasu strávili hráči stáním a chůzí 63 % času, kdežto Michalsik et al. (2013) tento strávený čas chůzí a stáním u hráčů házené vypočítali na 76 %.

Vlivem únavy na vznik zranění se zabývalo mnoho výzkumů. Bylo dokázáno, že únava má velmi široké pole působení a zasahuje do neuromuskulárního řízení. Nejčastěji se únava svalů kolenního kloubu diskutuje vzhledem k poranění LCA. Mnoho výzkumů se zabývá tímto tématem kvůli prevenci tohoto častého poranění.

Základním poznatkem je, že vyšší incidence tohoto zranění byla zaznamenána na konci zápasů např. u profesionálních hráčů fotbalu mezi 75. a 90. minutou (Hawkins & Fuller, 1998; Thauat & Chambat, 2007). Pro praxi to znamená, že snížit riziko zranění lze ve sportu tím, že ke konci zápasu bude trenér častěji prostřídávat hráče tak, aby měli co nejčastěji prostor alespoň ke krátkodobé regeneraci. Velmi důležitou složkou ochrany kolenního kloubu je propriocepce, která však v době únavy prochází změnami. Příčinu zhoršení propriocepce a snížení svalové síly zkoumali Miura et al. (2004). Ve svém výzkumu se snažili popsat somatognozii kolenního kloubu a sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu po lokální a celkové únavě. Lokální únava byla způsobena silovým cvičením zaměřeným na svalové skupiny kolenního kloubu a celková únava pak celkovou fyzickou aktivitou. Z výzkumu vyplynulo, že při lokálním působení zátěže (lokálně způsobené únavě) byly velmi významně snížené hodnoty maximální kontrakce jak extenzorů, tak flexorů kolenního kloubu, ale somatognozie významně zhoršená nebyla. Naopak při generalizované únavě způsobené celkovou tělesnou zátěží nebyla generována nižší svalová síla, ale byla významně zhoršena propriocepce. Se zhoršenou propriocepcí se tedy zvláště s blížícím se koncem zápasu a zvětšujícím se celkovým vyčerpáním musí počítat. Důležitým kamenem propriocepce je rychlost vedení informací. Problémem však je, že se zvětšující se únavou se prodlužuje také doba depolarizace ale i následné repolarizace (Dimitrova & Dimitrov, 2003). Thauat a Chambat (2007) dokázali, že při únavě dochází k prodloužení doby reflexního oblouku. Autoři zkoumali reakci reflexních oblouků vzhledem k posunu tibie. Po únavě se významně prodlužuje doba monosynaptického reflexu, ale polysynaptický reflex se významně nemění. Jelikož však polysynaptický reflex nastává později, došlo z významnému ventrálnímu posunu tibie, což je rizikový faktor pro zranění LCA. I Wojtxys, Wylie a Huston (1996) popsali únavou způsobené zpoždění reakční doby volní kontrakce svalů i spinálních reflexů se současným snížením výkonnosti hamstringů a m. quadriceps femoris. Poruchu propriocepce vysvětlují Zhang a Rymer (2001) únavou intrafuzálních vláken, které právě kvůli únavě významně snižují excitabilitu Ia aferentních vláken (Bongiovanni & Hagbarth, 1990). Hiemstra et al. (2001) zmiňují, že funkce svalových vřetének i Golgiho šlachových tělísek může být zhoršena z důvodu ischemie či svalové acidózy. Důležitou proprioceptivní složkou kloubního aparátu jsou také ligamenta. Ta dlouhodobou tělesnou zátěží a únavou zvyšují svou laxicitu, čímž také dochází k zhoršené propriocepci (Nawata et al., 1999).

Pro ochranu měkkých tkání je důležitá nejen správná a včasná informace - tedy kvalitní propiocepce, ale i adekvátní svalová reakce co do síly a koordinace. Svalová síla však je komponenta, která se v důsledku únavy snižuje. Zebis et al. (2011) a Thorlund et al. (2008) zaznamenali snížení svalové síly po simulovaném zápase basketbalu a házené. Svalová síla m. quadriceps femoris se po zátěži snížila o 11 – 22 % a svalová síla hamstringů o 10 - 16 %. Problém snížené svalové síly však není jen ve vykonání menší síly kontrakcí koncentrickou ale i excentrickou, jejíž funkcí je absorpce sil a tím pádem snižování rizika poškození tkání (Pinniger et al., 2000). Johnston, Howard, Cawley a Losse (1998) dále objektivizovali až o 50 % sníženou svalovou sílu při únavě oproti původním hodnotám a výrazně zhoršenou schopnost udržet rovnováhu při stožení na jedné dolní končetině. Aby generovaná svalová síla neměla destruktivní účinky, musí být vykonána ve správné koordinaci. Mnoho studií se zabývalo právě poměrem mezi extenzory a flexory kolenního kloubu, tzv. H/Q ratio (index). Jejich dysharmonie ve prospěch vyšší síly m. quadriceps femoris může být dalším rizikovým faktorem poškození LCA, neboť tento sval je jeho antagonistou. H/Q ratio je výrazně nižší při únavě (Wright, Ball, & Wood, 2010). McLean et al. (2004) upozorňují na nižší H/Q index u žen obecně. Olsen et al. (2004) dále udávají, že kritickým momentem (tedy snížením tohoto poměru na minimum) je dopadová fáze s cílem zabrzdit pohyb, neboť zde masivně působí m. quadriceps femoris. Situace je navíc zhoršena při sidecutting manévru, kdy dochází k výraznější valgotizaci v kolenním kloubu. Deletrat, Gregory a Cohen (2010) vysvětlují, že příčinou poklesu tohoto poměru je vyšší zastoupení svalových vláken II. typu v zadních stehenních svalech, které jsou charakteristické vyšší unavitelností. Jako funkční poměr se považuje excentrická kontrakce hamstringů a koncentrická kontrakce m. quadriceps femoris – tedy H_{exc}/Q_{kon} . Funkční poměr objektivizuje únavu více než klasický koncentrický poměr. U skupiny fotbalistů po prodělané zátěži klasický poměr vykazoval snížené hodnoty jen při vysoké úhlové rychlosti 180°/s, kdežto funkční poměr odhalil snížení poměru i u nízké úhlové rychlosti 60°/s. Zajímavý byl fakt, že tento poměr byl vždy významně snížen jen u dominantní dolní končetiny, která je nejspíš pro své větší korové zastoupení hojněji využívána při motoricky složitějších pohybových úkonech. Bilodeau, Schindler-Ivens, Williams, Chandran a Sharma (2003) uvádějí obecnou platnost toho, že vyšší hodnoty frekvence svalového signálu jsou pozorovány u svalů s vyšším zastoupením vláken typu II. Na druhou stranu při únavě dochází ke snížení frekvence vzruchů taktéž výrazněji u svalů s vyšším zastoupením vláken typu II, což je důkaz únavy na EMG záznamu. Vliv

správné koordinace na kvalitní výkon doložili i Bobbert a van Soest (1994). Svalová síla je sice ukazatel, který určuje maximální dosaženou výšku při výskoku, ale skutečný výkon závisí na svalové koordinaci. Ve své studii dokázali, že zvýšení svalové síly extenzorů kolenního kloubu nevedlo k zlepšení výkonu, dokud nebyla zkvalitněna svalová koordinace. I Rodacki, Fowler a Bennett (2002) popsali, že při snížení výkonu nemusí dojít k nálezům změny v EMG záznamu. Nejdůležitější pro dosažení co největšího výkonu při výskoku je, aby v co nejideálnější koordinaci pracovala agonisticko-antagonistická skupina svalů. Při únavě nemusí dojít k významně nižší elektrické aktivitě svalů, ale výkon může být zhoršen posunutím nástupu aktivity jednou svalovou skupinou.

7 Závěr

Ve své práci jsem hodnotil aktivitu flexorů kolenního kloubu pomocí povrchové polyelektromyografie u hráčů/hráček basketbalu a hráček házené ve věkové kategorii U 13 a U 15. Měření probíhala na konci sezóny (květen – červen 2017) a začátku nové sezóny (září - říjen 2017). Následně jsem výsledky mezi oběma sporty porovnával. U svalů m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus byly sledovány tyto parametry: mean frequency, mean amplitude a doba, za kterou bylo dosaženo maximální hodnoty aktivace svalu. Měření se zúčastnilo 93 probandů (50 hráčů + 5 hráček basketbalu a 37 hráček házené). Z pěti nulových hypotéz byly tři hypotézy potvrzeny a dvě hypotézy zamítnuty. Z výsledků této práce vyplývá, že při porovnání obou sportů na konci i začátku sezóny ve věkové kategorii U 13 nebyly zjištěny významné rozdíly. S ohledem na význam této práce lze tedy prohlásit, že u těchto sportovců nedochází v jednom ze sportů k větší dlouhodobé únavě flexorů kolenního kloubu. U sportovců ve věkové kategorie U 15 již k výraznému rozdílu mezi sporty došlo a to při měření na konci sezóny. U všech svalů hráčů basketbalu byly hodnoty parametru mean frequency sníženy, z čehož vyplývá zvýšená únava těchto svalů oproti hráčkám házené. Na začátku nové sezóny významné rozdíly pozorovány nebyly. Hráči basketbalu věkové kategorie U 15 jsou tedy oproti hráčkám házené ve zvýšeném riziku poškození kolenního kloubu a to zejména LCA, neboť všechny flexory jsou agonisty tohoto vazy. Nižší průměrná frekvence u m. gastrocnemius medialis byla též na konci sezóny oproti začátku nové sezóny u všech sportovců dohromady. Nečekaným výsledkem byla jen významně vyšší průměrná amplituda u m. semitendinosus na začátku nové sezóny u všech hráčů oproti hodnotám na konci předchozí sezóny. Domnívám se, že jelikož tento rozdíl byl i v jednotlivých sportech zvláště, může se jednat o únavu způsobenou přípravou na novou sezónu. Vyloučit však nelze chybu při zpracování elektromyografického záznamu.

Výsledky této studie by měly být upozorňujícím signálem pro prodloužení regenerace v průběhu sezóny u hráčů basketbalu ve věkové kategorii U 15, neboť ke konci sezóny již jsou rozdíly oproti hráčkám házené v parametru mean frekvenci významné na úrovni $p < 0,01$. Zvýšenou pozornost by měl u hráčů basketbalu zasluhovat m. gastrocnemius medialis, který svou sníženou průměrnou frekvencí vykazoval známky únavy ve dvou hypotézách a ve třetí se jí velmi přibližoval.

8 Souhrn

Diplomová práce je součástí projektu „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání“. Cílem bylo hodnocení aktivity flexorů kolenního kloubu u hráčů a hráček basketbalu a hráček házené. Pomocí povrchové polyelektromyografie byly sledovány parametry mean frequency, mean amplitude a doba dosažení maximální aktivity svalu u m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus při vertikálním výskoku. Výzkumný soubor tvořili basketbalisté a basketbalistky z Olomouce a Prostějova a házenkářky z Olomouce ve věkových kategoriích U 13 a U 15. Hladina statistické významnosti byla pro naměřená data stanovena na hodnotu $p < 0,05$.

Teoretická část obsahuje anatomické, kineziologické a biomechanické poznatky o kolenním kloubu. Dále zahrnuje studie zabývající se herními analýzami obou sportů, studie hodnotící výkonnostní parametry mezi hráči obou sportů, výskyt zranění v těchto sportech a úvod do problematiky únavy a její signalizaci na EMG záznamu.

Ve výzkumné části jsem se zabýval porovnáváním naměřených parametrů mezi jednotlivými sporty na konci sezóny a na začátku nové sezóny u obou kategorií zvlášť. Významný rozdíl měl podat informaci o vyšší únavě v jednom ze sportů v té dané části sezóny. V výsledků vyplynulo významné snížení parametru mean frequency ($p < 0,01$) u všech měřených svalů na konci sezóny u hráčů basketbalu ve věkové kategorii U 15 oproti hráčkám házené. Hráči basketbalu U 15 jsou tedy ve vyšším riziku nekontaktního poranění kolenního kloubu z důvodu vyšší dlouhodobé svalové únavy, neboť mnoha studii bylo dokázáno vliv únavy na zhoršenou neuromuskulární funkci ve smyslu snížení svalové síly, koordinace a propriocepce. Výsledky také korespondují s výzkumy uvedenými v teoretické části, který přikládají vyšší fyzickou náročnost basketbalu. Paradoxním výsledkem také bylo významné zvýšení parametru mean amplitude u m. semitendinosus na začátku sezóny oproti konci předchozí sezóny u všech hráčů a hráček dohromady. To by naznačovalo výraznější svalovou únavu na začátku nové sezóny.

Nejčastěji diskutovaný sval, který snížením hodnot v parametru mean frequency vykazoval vyšší únavu u basketbalistů, byl m. gastrocnemius medialis. Ten již v předchozí práci v rámci tohoto projektu byl jako jediný u basketbalistů ve stejném

parametru snížen u věkových kategorií U 13 a U 15 a zasluhuje zvýšenou pozornost v prevenci únavy.

9 Summary

Diploma thesis is a part of the project „Accumulative fatigue effect on neuromuscular knee control and the risk of injury in young sportsmen during growing-up and maturing“. The aim was to evaluate the activity of knee joint flexors in male and female basketball players and female handball players. Using the surface polyelectromyography the parameters of mean frequency, mean amplitude and time to reach the maximum muscular activity in muscles m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris and m. semitendinosus during the squat jump were observed. The research group consisted of male and female basketball players from Olomouc and Prostějov and female handball players from Olomouc in age groups U 13 and U 15. The limit of statistical significance was for the measured data set to the value of $p < 0,05$.

Theoretical part consists of anatomical, kinesiological and biomechanical findings about the knee joint. It also includes studies dealing with game analyses of both sports, a study evaluating performance parameters between the players of both sports, injury occurrence in these sports and an introduction to the problem of fatigue and its signalling in the EMG record.

In the research part I was concerned with comparing of recorded parameters between individual sports at the end of the season and the beginning of a new season separately in both groups. Results indicate a significant decrease in the parameter of mean frequency ($p < 0,01$) in all muscles measured at the end of the season in male basketball players in age group U 15, compared to female handball players. Therefore, male basketball players U 15 are in a higher risk of incontact knee joint injury due to higher long-term muscle fatigue, for in many studies the impact of fatigue on deteriorated neuromuscular function in the sense of reduction of muscular power, coordination and proprioception was proved. Results correspond with researches mentioned in the theoretical part, which assign higher physical demands to basketball. A paradox result was also a significant increase of the mean amplitude parameter in m. semitendinosus at the beginning of the season compared to the end of the previous season in all male and female players altogether. That would indicate a stronger muscle fatigue at the beginning of a new season.

The most frequently discussed muscle, which through lowering the values in the parameter of mean frequency indicated higher fatigue in male basketball players, was

m. gastrocnemius medialis. Already in a previous thesis within this project, this muscle was the only one in male basketball players that was lowered in the same parameter in age group U 13 and U 15 and deserves increased attention in fatigue prevention.

10 Referenční seznam

- Abdelkrim, N. B., Fazaa, S. E., & Ati, J. E. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med*, *41*(2), 69-75. Retrieved 20. 10. 2017 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2658931/>
- Abdelkrim, N. B., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., Fazaa, S. E., & Ati, J. E. (2010). Activity Profile and Physiological Requirements of Junir Elite Basketball Players in Relation to Aerobic-Anaerobic Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(9), 2330-2342. Retrieved 16. 10. 2017 from the OVID database on the World Wide Web: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.26.1a/ovidwfeb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=BLIGFPDJEDDDLBFKNCGKGCGCFNCBAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3fMain%2bSearch%2bPage%3d1%26S%3dBLIGFPDJEDDDLBFKNCGKGCGCFNCBAA00&directlink=http%3a%2f%2fovidsp.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2ffPDDNCGCGCFKED00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv025%2f00124278%2f00124278-201009000-00011.pdf&filename=Activity+Profile+and+Physiological+Requirements+of+Junior+Elite+Basketball+Players+in+Relation+to+Aerobic-Anaerobic+Fitness.&link_from=S.sh.42%7c1&pdf_key=FPDDNCGCGCFKED00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv025/00124278/00124278-201009000-00011&D=ovft
- Alfredson, H., Bjur, D., Thorsen, K., & Lorentzon, R. (2002). High intratendinous lactate level in painful chronic achilles tendinosis. An investigation using microdialysis technique. *J Orthop Res*, *20*(5), 934– 938. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1016/S0736-0266\(02\)00021-9/epdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1016/S0736-0266(02)00021-9/epdf)
- Avin, K. G., Naughton, M. R., Ford, B. W., Moore, H. E., Monitto-Webber, M. N., Stark, A. M., Gentile, A. J., & Law, L. A. F. (2010). Sex Differences in Fatigue Resistance Are Muscle Group Dependent. *Med Sci Sports Exerc*, *42*(10), 1943–1950. Retrieved 3. 4. 2018 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2917609/>

- Bělka, J., Hůlka, K., Šafář, M., Weisser, R., & Samcová, A. (2014). Analyses of time-motion and heart rate in elite female players (U19) during competitive handbal matches. *Kinesiology*, 46(1), 33-43. Retrieved 15. 11. 2017 from the World Wide Web: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=182762
- Bencke, J., Næsborg, H., Simonsen, E. B., & Klausen, K. (2000). Motor pattern of the knee joint muscles during side-step cutting in European team handbal. *Scand J Med Sci Sports*, 10, 68-77. Retrieved 16. 10 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=27&sid=b7809bb1-dea2-4818-ba58-ab0ed4d71d92%40sessionmgr4010>
- Bilodeau, M., Schindler-Ivens, S., Williams, D. M., Chandran, R., & Sharma, S. S. (2003). EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(1), 83–92. Retrieved 28. 3. 2018 from the World Wide Web: https://ac.els-cdn.com/S1050641102000500/1-s2.0-S1050641102000500-main.pdf?_tid=f158a11a-5957-4b36-be1e-686c0835feaa&acdnat=1522245215_d4ae4c3b6f864b65e5f150c7d2e2de14
- Bobbert, M., F. & van Soest, A. J. (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(8), 1012-1020. Retrieved 28. 3. 2018 from the OVID database on the World Wide Web: https://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.28.0a/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=FJMEFPDJIBDDFEOJNCFKLH OBJDGBAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Titles%3dS.sh.23%257c1%257c10%26FORMAT%3dtitle%26FIELDS%3dTITLES%26S%3dFJMEFPDJIBDDFEOJNCFKLH OBJDGBAA00&directlink=https%3a%2f%2fovidsp.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2ffpddncoblhojib00%2ffs047%2fovft%2flive%2fgv038%2f00005768%2f00005768-199408000-00013.pdf&filename=Effects+of+muscle+strengthening+on+vertical+jump+height%3a+a+simulation+study.&navigation_links=NavLinks.S.sh.23.1&PDFIdLinkField=%2ffs047%2fovft%2flive%2fgv038%2f00005768%2f00005768-199408000-

00013&link_from=S.sh.23%7c1&pdf_key=B&pdf_index=S.sh.23&D=ovft,yrovft

- Bongiovanni, L. G., & Hagbarth, K. E. (1990). Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man. *J Physiol*, *423*, 1–14. Retrieved 26. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1189742/pdf/jphysiol00469-0015.pdf>
- Conchola, E. C., Thompson, B. J., & Smith, D. B. (2013). Effects of neuromuscular fatigue on the electromechanical delay of the leg extensors and flexors in young and old men. *Eur J Appl Physiol*, *113*, 2391–2399. Retrieved 20. 2. 2018 from the World Wide Web: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00421-013-2675-y.pdf>
- Čihák, R. (2002). *Anatomie I* (2th end.). Praha: Grada Publishing.
- Čoh, M., Živkovič, V., & Žvach, M. (2016). BIODYNAMIC ANALYSIS OF THE VERTICAL JUMPING. *Research in Physical Education, Sport & Health*, *5*(2), 3-10. Retrieved 28. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=beb442df-7787-411c-ba32-ea83482dcac9%40sessionmgr120>
- Delextrat, A., Gregory, J., & Cohen, D. (2010). The Use of the Functional H:Q Ratio to Assess Fatigue in Soccer. *J Sports Med*, *31*, 192–197. Retrieved 27. 3. 2018 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/41436252_The_Use_of_the_Functional_HQ_Ratio_to_Assess_Fatigue_in_Soccer
- Dimitrova, N. A., & Dimitrov, G. V. (2003). Interpretation of EMG changes with fatigue: facts, pitfalls, and fallacies. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *13*, 13–36. Retrieved 28. 3. 2018 from the World Wide Web: https://ac.els-cdn.com/S1050641102000834/1-s2.0-S1050641102000834-main.pdf?_tid=69cfb0cc-4fe5-4452-811f-7316c2f87658&acdnat=1522231333_10f799205f4c2152645bc59ae2d74ec9

- Doré, E., Bedu, M., & van Praagh, E. (2008). Squat jump performance during growth in both sexes: Comparison with cycling power. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(4), 517-524. Retrieved 6. 4. 2018 from the PROQUEST database on the World Wide Web: <https://search.proquest.com/docview/218507418/fulltextPDF/7B97FC2B29D7408CPQ/11?accountid=16531>
- Drakos, M. C., Domb, B., Starkey, Ch., Callahan, L., & Allen, A. A. (2010). Injury in the National Basketball Association. *Sports Health*, 2(4), 284-290. Retrieved 16. 10. 2017 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3445097/>
- Dylevský, I. (2009). Speciální kineziologie. Praha: Grada Publishing
- Farahmand, F., Senavongse, W., & Amis, A. A. (1998). Quantitative Study of the Quadriceps Muscles and Trochlear Groove Geometry Related to Instability of the Patellofemoral Joint. *Journal of Orthopaedic Research*, 16(1), 136-143. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jor.1100160123/pdf>
- Gupta, S., & Goswami, A. (2017). Heart rate and lactate response of junior handball players (Under 18) during competitive match play. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 6(2), 53-59. Retrieved 9. 12. 2017 from the World Wide Web: www.ijaep.com/index.php/IJAE/article/download/153/100
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1998). An examination of the frequency and severity of injuries and incidents at three levels of professional football. *Br J Sports Med*, 32(4), 326–332. Retrieved 26. 2. 2018 from the World Wide Web: <http://bjsm.bmj.com/content/bjsports/32/4/326.full.pdf>
- Hewett, E. T., Shultz, S. J., & Griggin, L. Y. (2007). *Understanding and Preventing Noncontact ACL Injuries*. Champaign: Human kinetics.
- Hiemstra, L. A., Lo, I. K., & Fowler, P. J. (2001). Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(10), 598-605. Retrieved 28. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2001.31.10.598?code=jospt-site>

- Houtman, C. J., Stegeman, D. F., van Dijk, J. P., & Zwarts, M. J. (2003). Changes in muscle fiber conduction velocity indicate recruitment of distinct motor unit populations. *J Appl Physiol*, 95, 1045-1054. Retrieved 28. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00665.2002>
- Hunter, S. K., Ryan, D. L., Ortega, J. D., & Enoka, R. M. (2002). Task differences with the same load torque alter the endurance time of submaximal fatiguing contractions in humans. *J Neurophysiol*, 88(6), 3087-96. Retrieved 3. 4. 2018 from the World Wide Web: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00232.2002>
- Hůlka, K. (2012). *Empirické údaje o výkonu basketbalisty v utkání jako základ plánování tréninkového procesu*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Hůlka, K., & Bělka, J. (2013). *Diagnostika herního výkonu v basketbale a házené*. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., Khalifa, R., Tillaar, R., Chamari, K., & Shephard, R. J. (2011). Match Analysis of Elite Adolescent Team Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2410-2417. Retrieved 13. 10. 2017 from the OVID database on the World Wide Web: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.26.1a/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=BLIGFPDJEDDDLBFKNCGKGCFCFNCBAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.22.23%257c0%257c00124278-201109000-00008%26S%3dBLIGFPDJEDDDLBFKNCGKGCFCFNCBAA00&directlink=http%3a%2f%2fovidsp.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCGCGCFKED00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv025%2f00124278%2f00124278-201109000-00008.pdf&filename=Match+Analysis+of+Elite+Adolescent+Team+Handball+Players.&pdf_key=FPDDNCGCGCFKED00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv025/00124278/00124278-201109000-00008

- Johnston, R. B., Howard, M. E., Cawley, P. W., & Losse, G. M. (1998). Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 1703-1707. Retrieved 27. 3. 2018 from the OVID database on the World Wide Web: https://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.28.0a/ovidweb.cgi?&S=IOCFPELKCDDEEPHNCFKPCFBBBODAA00&Link+Set=S.sh.23%7c1%7csl_10
- Kapandji, I. A. (1987). *The Physiology of the Joints*. New York: Churchill Livingstone.
- Kawabata Y., Senda, M., Oka, T., Yagata, Y., Takahara, Y., Nagashima, H., & Inoue, H. (2000). Measurement of fatigue in knee flexor and extensor muscles. *Acta Med Okayama*, 54(2), 85-90. Retrieved 26. 3. 2018 from the World Wide Web: http://www.lib.okayama-u.ac.jp/www/acta/pdf/54_2_85.pdf
- Keenan, K. G., Farina, D., Maluf, K. S., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2005). Influence of amplitude cancellation on the simulated surface electromyogram. *J Appl Physiol*, 98, 120–131. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: <http://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00894.2004>
- Kirkendall, D. T. (2007). Issues in training the female player. *Br J Sports Med.*, 41(1), 64-67. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2465241/>
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and Blood Metabolites during a Soccer Game: Implications for Sprint Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(6), 1165-1174. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: https://journals.lww.com/acsm-mssse/Fulltext/2006/06000/Muscle_and_Blood_Metabolites_during_a_Soccer_Game_.20.aspx
- Kolář, P. (2012). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.
- Kostopoulos, N., & Dimitrios, P. (2010). Injuries in Basketball. *Biology of Exercise*, 6(1), 47-55. Retrieved 10. 12. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=72e4332b-78c0-46cb-b65b-37d6b8df66f2%40sessionmgr101>

- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R. et al. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*, 35(3), 359-367. Retrieved 26. 2. 2018 from the World Wide Web: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0363546506293899>
- Langevoort, G., Myklebust, G., Dvorak, J., & Junge, A. (2007). Handball injuries during major international tournaments. *Scand J Med Sci Sports*, 17(4), 400-407. Retrieved 3. 12. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=72e4332b-78c0-46cb-b65b-37d6b8df66f2%40sessionmgr101>
- Malinzak, R. A., Colby, S. M., Kirkendall, D. T., Yu, B., & Garrett, W. E. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech*, 16(5), 438–445. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: [http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(01\)00019-5/fulltext](http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(01)00019-5/fulltext)
- Marino, F. E. (2011). *Regulation of Fatigue in Exercise*. New York: Nova Science Publishers Inc.
- Masuda, K., Masuda, T., Sadoyama, T., Inaki, M., & Katsuta, S. (1999). Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9, 39–46. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: https://ac.els-cdn.com/S1050641198000212/1-s2.0-S1050641198000212-main.pdf?_tid=spdf-5f41de10-289d-4f2e-b9ca-cc28fca007c0&acdnat=1519500757_cdf6b792988f9f897205c8ad0ef7d7ca
- Matthew, D., & Delextrat, A. (2009). Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(8), 813-821. Retrieved 16. 10 2017 from the World Wide Web: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640410902926420#aHR0cDovL3d3dy50YW5kZm9ubGluZS5jb20vZG9pL3BkZi8xMC4xMDgwLzAyNjQwNDEwOTAyOTI2NDIwP25lZWRYBY2Nlc3M9dHJlZUBAQDA=>

- McLean, S. G., Huang, X., Su, A., & van den Bogert, A. J. (2004). Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. *Clin Biomech*, *19*, 828-838. Retrieved 26. 2. 2018 from the World Wide Web: https://ac.els-cdn.com/S0268003304001408/1-s2.0-S0268003304001408-main.pdf?_tid=spdf-5935b8bd-834c-48d9-af9b-942f015d10df&acdnat=1519640734_af5e5cd6c227db92053a541a9215c9b6
- Madeleine, P., Farina, D., Merletti, R., & Arendt-Nielsen, L. (2002). Upper trapezius muscle mechanomyographic and electromyographic activity in humans during low force fatiguing and non-fatiguing contractions. *Eur J Appl Physiol*, *87*,(4–5), 327-336. Retrieved 28. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ef15d97a-dc56-4eec-a4b6-9230688456dd%40sessionmgr4007>
- Michalsik, L. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2013). Locomotion Characteristics and Match-Induced Impairments Physical Performance in Mela Elite Team Handball Players. *Int J Sports Med*, *34*, 590-599. Retrieved 16. 10. 2017 from the World Wide Web: <https://members.ehf.eu/community/activities/download.ashx?reason=ehfcanFile&id=2466>
- Minshull, C., Gleeson, N., Walters-Edwards, M., Eston, R., & Rees, D. (2007). Effects of acute fatigue on the volitional and magnetically-evoked electromechanical delay of the knee flexors in males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *100*(4), 469–478. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-007-0448-1>
- Minshull, C., Eston, R., Bailey, A., Rees, D., & Gleeson, N. (2012). Repeated exercise stress impairs volitional but not magnetically evoked electromechanical delay of the knee flexors. *J Sports Sci.*, *30*(2), 217-225. Retrieved 20. 2. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=3cd27cf0-c2b4-4314-9b4a-7564fb7c8af3%40sessionmgr102>

- Miura, K., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Okamura, Y., Otsuka, H., & Toh, S. (2004). The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy*, *20*, 414–418. Retrieved 25. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://pdfs.semanticscholar.org/f9d8/927a5227d8a3f16969080e6ac4dcf56f9677.pdf>
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman J. C., Cook, K., & Minahan, C. L. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of Sports Sciences*, *26(11)*, 1135-1145. Retrieved 16. 10. 2017 from the World Wide Web: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02640410802104912?needAccess=true>
- Mullany, H., O'Malley, M., Gibson, A. S., & Vaughan, Ch. (2002). Agonist–antagonist common drive during fatiguing knee extension efforts using surface electromyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *12(5)*, 375–384. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: https://ac.els-cdn.com/S1050641102000482/1-s2.0-S1050641102000482-main.pdf?_tid=de424b76-1997-11e8-98bf-00000aacb360&acdnat=1519500250_ce9bca38dd0eed6def1d076a35bafced
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in Elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports*, *8(3)*, 149–153. Retrieved 3. 12. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=b17fa015-7074-48bf-8267-9bad322d62c0%40pdc-v-sessmgr01>
- Nawata, K., Teshima, R., Morio, Y., Hagino, H., Enokida, M., & Yamamoto, K. (1999). Anterior-posterior knee laxity increased by exercise. Quantitative evaluation of physiologic changes. *Acta Orthop Scand*, *70*, 261-264. Retrieved 28. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=9edfde0b-8d42-49b1-ac55-7d949893d19e%40sessionmgr120>

- Olsen, O., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med*, 32(4), 1002-1012. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0363546503261724>
- Pincivero, D. M., Gandaio, C. M., & Ito, Y. (2003). Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *European Journal Of Applied Physiology*, 89(2), 134-141. Retrieved 28. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=f17827ac-78fb-4279-9cde-a3c5981735c6%40sessionmgr4007>
- Pinniger, G. J., Stelle, J. R., & Groeller, H. (2000). Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(3), 647-653. Retrieved 26. 3. 2018 from the World Wide Web: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2000/03000/Does_fatigue_induced_by_repeated_dynamic_efforts.15.aspx
- Rannou, F., Prioux, J., Zouhar, H., Gratas-Delamarche, A., & Delamarche, P. (2001). Physiological profile of handball players. *J Sport Med Phys Fitness*, 41(3), 349-353. Retrieved 16. 10. 2017 from the World Wide Web: <https://search.proquest.com/docview/202674344/fulltextPDF/AE927EDD714C4472PQ/1?accountid=16531>
- Rinard, J., Clarkson, P. M., Smith, L. L., & Grossman, M. (2000). Response of males and females to high-force eccentric exercise. *Journal of Sports Sciences*, 18, 229-236. Retrieved 28. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=3d950311-1be4-47be-a734-50f67db4dc52%40sessionmgr101>

- Rodacki, A. L., Fowler, F. E., & Bennett, S. J. (2002). Vertical jump coordination: fatigue effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(1), 105-116. Retrieved 26. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.457.3021&rep=rep1&type=pdf>
- Rokyta et al. (2008). *Fyziologie* (2th end.). Praha: ISV.
- Sayers, S. P., & Clarkson, P. M. (2001). Force recovery after eccentric exercise in males and females. *Eur J Appl Physiol*, *84*, 122–126, 2001. Retrieved 28. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=16473c77-df02-40a3-8eae-eb3c50fb3f0e%40sessionmgr101>
- Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Bencke, J., Næsborg, H., Havkrog, M., Ebstrup, J. F., & Sørensen, H. (2000). Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver? *Scand J Med Sci Sports*, *10*, 78-84. Retrieved 24. 2. 2018 from the World Wide Web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0838.2000.010002078.x/pdf>
- Short, K. R., & Sedlock, D. A. (1997). Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol*, *83*(1), 153-9. Retrieved 6. 4. 2018 from the World Wide Web: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.1997.83.1.153>
- Šimonek, J., Hoříčka, P., & Hianik, A. (2017). The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handbal players. *Journal of human sport & exercise*, *12*(1), 73-82. Retrieved 16. 10. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=b7809bb1-dea2-4818-ba58-ab0ed4d71d92%40sessionmgr4010>
- Šibila, M., Vuleta, D., & Pori, P. (2004). Position-related differences in volume and intensity of large-scale cyclic movements of male players in handbal. *Kinesiology*, *36*(1), 58-68. Retrieved 16. 10. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=005173da-3e8a-41af-8b8c-ec50d1edecec%40sessionmgr101>

- Thaunat, M., & Chambat, P. (2007). Pretibial ganglion-like cyst formation after anterior cruciate ligament reconstruction: a consequence of the incomplete bony integration of the graft? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *15*(5), 522–524. Retrieved 26. 3. 2018 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=5c78e470-68c1-431b-96bc-42212003392f%40pdc-v-sessmgr01>
- Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scand J Med Sci Sports*, *18*, 462-472. Retrieved 1. 11. 2017 from the World Wide Web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2007.00710.x/full>
- Van den Tillaar, R., Solheim, J. A. B., & Bencke, J. (2017). Comparison of hamstring muscle activation during high-speed running and various hamstring strengthening exercises. *Int J Sports Phys Ther*, *12*(5), 718–727. Retrieved 3. 4. 2018 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5685404/pdf/ijst-12-718.pdf>
- Vilkas, A., Tubelis, L., & Dadelene, R. (2005). A comparative analysis of young female basketball and handball players' level of physical development, physical abilities and cardiovascular parameters. *Acta Academica Olympiquae Estoniae*, *13*(2), 67-80. Retrieved 16. 10. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=b7809bb1-dea2-4818-ba58-ab0ed4d71d92%40sessionmgr4010>
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Duvillard, S. P. (2014). Individual and Team Performance in Team-Handball: A Review. *Journal of Sports Science and Medicine*, *13*, 808-816. Retrieved 16. 10. 2017 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4234950/pdf/jssm-13-808.pdf>
- Wojtys, E. M., Wylie, B. B., & Huston, L. J. (1996). The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. *Am J Sports Med.*, *24*, 615-621. Retrieved 25. 3. 2018 from the World Wide Web: https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/67563/10.1177_036354659602400509.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Wright, J., Ball, N. B., & Wood, N. (2010). Fatigue, H/Q ratios and muscle coactivation in recreational football players. *Isokinetics and exercise science*, *17*(3), 161-167. Retrieved 3. 4. 2018 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/234114241_Fatigue_HQ_ratios_and_muscle_coactivation_in_recreational_football_players
- Xie, D., Urabe, Y., Ochiai, J., Kobayashi, E., & Maeda, N. (2013). Sidestep cutting maneuvers in female basketball players: Stop phase poses greater risk for anterior cruciate ligament injury. *The Knee*, *20*, 85-89. Retrieved 16. 11. 2017 from the EBSCO database on the World Wide Web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=31&sid=b7809bb1-dea2-4818-ba58-ab0ed4d71d92%40sessionmgr4010>
- Yde, J., & Nielsen, A. B. (1990). Sports injuries in adolescents' ball games: soccer, handball and basketball. *British Journal of Sports Medicine*, *24*(1), 51-54. Retrieved 16. 10. 2017 from the World Wide Web: <http://bjsm.bmj.com/content/bjsports/24/1/51.full.pdf>
- Zebis, M. K., Bencke, J. M., Andersen, L. L., Alkjær, T., Suetta, C., Mortensen, P., Kjær, M., & Aagaard, P. (2011). Acute fatigue impairs neuromuscular activity of anterior cruciate ligament-agonist muscle in female team handball players. *Scand J Med Sci Sports*, *(21)*, 833-840. Retrieved 11. 11. 2017 from the World Wide Web: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2010.01052.x/full>
- Zhang, L. Q., & Rymer, W. Z. (2001). Reflex and intrinsic changes induced by fatigue of human elbow extensor muscle. *J Neurophysiol* *86*, 1086–1094. Retrieved 26. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jn.2001.86.3.1086>
- Zhou, S., McKenna, M. J., Lawson, D. L., Morrison, W. E., & Fairweather, I. (1996). Effects of fatigue and sprint training on electromechanical delay of knee extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *72*(5–6), 410–416. Retrieved 23. 2. 2018 from the World Wide Web: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00242269>

11 přílohy

Příloha č. 1 Vyjádření Etické komise FTK



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 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

razítko fakulty

Příloha č. 2 Informovaný souhlas

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 podepsany (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: