

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**HODNOCENÍ SVALOVÉ AKTIVITY FLEXORŮ KOLENNÍHO KLOUBU
POMOCÍ POVRCHOVÉ ELEKTROMYOGRAFIE U HRÁČEK HÁZENÉ
V ŽÁKOVSKÝCH KATEGORIÍCH V PRŮBĚHU SEZÓNY**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Marie Valentová, fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

Olomouc 2020

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Název diplomové práce: Hodnocení svalové aktivity flexorů kolenního kloubu pomocí povrchové elektromyografie u hráček házené v žákovských kategoriích v průběhu sezóny

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2020

Abstrakt: Házená je pro ženy nejrizikovějším sportem, co se poranění kolenního kloubu týče. Příčinou úrazů kolenního kloubu může být také nerovnovážná míra aktivace svalů, které mají vliv na neuromuskulární řízení a stabilizaci tohoto kloubu. Tato práce se zabývala hodnocením svalové aktivity m. gastrocnemius medialis, m. semitendinosus a m. biceps femoris na dominantní končetině pomocí povrchového EMG. Testovaným souborem byly házenkářky z olomouckého klubu DHK Zora ve věku 13-15 let. Testovaný soubor obsahoval na konci sezóny 9 hráček a na začátku sezóny 12 hráček z kategorie U 15 (průměrný věk na konci sezóny 16,30 let; na začátku sezóny 16,43 let). Pro kategorii U 13 (průměrný věk na konci sezóny 14,02 let; na začátku sezóny 14,25 let) měl testovaný soubor 9 probandek na konci sezóny a 22 probandek na začátku následující sezóny. Měřeny byly pouze dívky. Výsledky ukázaly statisticky nevýznamné rozdíly svalové aktivity mezi kategoriemi i mezi koncem a začátkem sezóny. Významná je vyšší hodnota mean amplitude pro m. biceps femoris v kategorii U13 na začátku sezóny, tedy větší míra svalové aktivity m. biceps femoris na začátku sezóny oproti konci sezóny.

Klíčová slova: Házená, svalová aktivita, flexory kolenního kloubu, povrchová elektromyografie, vertikální výskok

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovnických služeb.

BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

Author's first name and surname: Marie Valentová

Title of the master thesis: The evaluation of the muscle activity of the knee flexors by surface electromyography in handball players in pupils categories during the season

Department: Department of Physiotherapy, Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc

Supervisor: Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

The year of presentation: 2020

Abstract: Handball is the most risky sport for women regarding the knee injury. Injuries to the knee joint may also be caused by unbalanced muscle activation that affects neuromuscular control and stabilization of the joint. This thesis was aimed at evaluation of the muscle activity of *m. gastrocnemius medialis*, *m. semitendinosus* and *m. biceps femoris* on the dominant leg by surface EMG. The test group consisted of female handball players from the Olomouc sport club DHK Zora aged from 13 to 15 years. There were 9 test subjects at the end of the season and 12 at the beginning of the next season from the U 15 category, and 9 test subjects at the end of the season and 22 at the beginning of the next season from the U 13 category. All test subjects were females. The results showed statistically insignificant differences in muscle activity between the two categories and between end and beginning of the season. Significant, on the other hand, is the higher mean amplitude value for *m. biceps femoris* in the U 13 category at the beginning of the season, i.e. greater rate of muscle activity of *m. biceps femoris* at the beginning of the season compared to the end of the season.

Key words: Handball, muscle activity, knee flexor muscles, surface electromyography, squat jump

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením
Mgr. Amr Zaatara, Ph.D., že jsem uvedla všechny literární a odborné zdroje
a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Tato diplomová práce by nevznikla bez podpory spousty lidí. Chtěla bych poděkovat zejména Mgr. Amru Zaatarovi, Ph.D., který se mnou měl velikou trpělivost, vždy ochotně poskytl jakoukoli radu a snažil se mi co nejvíce pomoci. Obrovské díky patří také RNDr. Milanu Elfmarkovi za statistické zpracování dat. Mým blízkým a rodině děkuji za to, že mě k práci neustále motivovali a že tu pro mě jsou.

OBSAH

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE	2
BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION:	3
OBSAH	5
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	8
1 ÚVOD	9
2 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ	11
2.1 <i>Házená</i>	11
2.1.1 Úrazy a nejvíce zatěžované oblasti u hráčů a hráček házené.....	12
2.2 <i>Kolenní kloub</i>	16
2.2.2 Flexory kolenního kloubu	16
2.2.1 Funkční anatomie kolenního kloubu.....	19
2.3 <i>Biomechanika vertikálního výskoku</i>	21
2.4 <i>Pohybová aktivita v dětském věku</i>	22
2.4.1 Pohybová aktivita jako prevence.....	22
2.4.2 Nežádoucí účinky.....	22
2.5 <i>Únava</i>	24
2.5.1 Periferní únava.....	24
2.5.2 Teorie centrální únavy.....	25
2.5.3 Únava v období dětství a dospívání u sportujících jedinců	26
2.6 <i>Svalová regenerace</i>	27
2.6.1 Vybrané prostředky aktivní regenerace.....	27
2.7 <i>SEMG záznamy</i>	29
2.7.1 Zpracování signálu	29
2.8 <i>Svalová únava u hráček házené</i>	30
3 PRAKTICKÁ ČÁST	31
3.1 <i>Cíle</i>	31
3.1.1 Hlavní cíl	31
3.1.2 Dílčí cíle	31
3.2 <i>Výzkumné otázky</i>	32
4 METODIKA	33

4.1 Výzkumný soubor	33
4.2 Technické parametry měření	34
4.3 Umístění elektrod	35
4.4 Vlastní měření	37
4.5 Zpracování dat a vyhodnocování výsledků	38
4.5.1 Analýza elektromyogramu.....	38
5 VÝSLEDKY	38
5.1 Výzkumná otázka 1 (VO1)	39
5.2 Výzkumná otázka 2 (VO2)	45
5.3 Výzkumná otázka 3 (VO3)	47
6 DISKUZE	49
7 ZÁVĚR.....	56
8 SOUHRN	58
9 SUMMARY	60
10 REFERENČNÍ SEZNAM	62
11 PŘÍLOHY	67

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACL	přední zkřížený vaz
EKG	elektrokardiogram
EMG	elektromyografie
IEMG	integrovaná elektromyografie
KOK	kolenní kloub
LCA	ligamentum cruciatum anterius (přední zkřížený vaz)
LCP	ligamentum cruciatum posterius (zadní zkřížený vaz)
SEMG	povrchová elektromyografie
U 13	věková kategorie s průměrným věkem 14,02 respektive 14,25 let
U15	věková kategorie s průměrným věkem 16,30 respektive 16,43 let
VO	výzkumné otázky
WHO	Světová zdravotnická organizace

1 ÚVOD

Sportování u dětí a dorostu je spíše považováno za přínosné a je snaha pohybovou aktivitu mládeže podporovat. Školní osnovy tuto podporu vyřešily zavedením povinné tělesné výchovy v rámci vzdělávání. Někteří zákonní zástupci však chtějí, aby jejich děti provozovaly pohybovou aktivitu i mimo školní prostředí a vedou je k dalšímu organizovanému sportu.

České děti sportují relativně hodně. Dvě třetiny školáků ve věku 11–15 let provádějí nějaký organizovaný sport. Toto číslo působí spíše pozitivně. Světová zdravotnická organizace (WHO) však udává, že minimum pohybové aktivity u mládeže je 60 minut denně. Na tento objem pohybové aktivity nedosáhne ani pětina školáků. Děti tedy ve velké míře organizovaně sportují i mimoškolně, ovšem kromě tréninků či zápasů nemají pohybovou aktivitu zařazenou do svých aktivit denně. Možným důvodem, proč české děti nejsou ve většině schopné splnit doporučení WHO může být úbytek hraní si venku či pasivní doprava do školy či do kroužků. Navíc byl zjištěn klesající trend s věkem. Zatímco v páté třídě sportuje v rámci klubů, kroužků či organizací 73,5 % dětí, v deváté třídě je to už pouze 57 % (Kalman et al., 2011, Sigmund et al., 2018).

Tyto údaje svědčí o tom, jak důležité je motivovat děti do sportu, nyní se také ukazuje velká důležitost schopnosti organizací dětí u sportu udržet. Jeden z důležitých motivačních faktorů je úspěch sportovce a radost z pohybu. Úspěch i radost z pohybu vylučuje přítomnost únavy, bolesti a v krajním případě zranění. Přítomnosti únavy a bolesti u svých svěřenců by si měly sportovní organizace a kluby všimnout a měly by s nimi umět pracovat, aby tyto jevy nevedly právě k nechtěnému zranění, které žádný úspěch nezajistí.

Tato diplomová práce byla tvořena v rámci studie GAČR 16-13750S (hlavní řešitel je Doc. PaDr. Michal Lehnert, Dr.). Název studie zní „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání“. A právě tato studie se snaží přijít na to, jaký vliv má pohlaví, únava a dalších faktory na úrazy kolenního kloubu u mladých sportovců.

Tato diplomová práce se zabývá výzkumnou skupinou složenou z hráčů házené ve věku 13–15 let.

Házená je jedním z nejrizikovějších sportů, co se týče poranění kolenního kloubu (Panics, Tallay, Pavlik & Berkes, 2008). Je ale také velmi oblíbeným sportem a to zejména pro svou dynamiku, rychlost a zároveň relativní jednoduchost v pravidlech, tím pádem je zajímavá také pro diváky.

Tato diplomová práce pak bude zaměřená zejména na posouzení aktivity flexorů kolenních kloubů u probandek z výzkumné skupiny, konkrétně se bude jednat o m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus a porovnání parametrů, které byly naměřeny pomocí povrchového EMG.

2 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ

2.1 Házená

Sportovní hry jako celek patří mezi velmi oblíbené pohybové aktivity, velmi výhodná je zejména vysoká míra motivace, kterou hry s míčem poskytují (Kálal et al., 1997).

Házená je míčový sport brankového typu, který se řadí mezi nejrozšířenější sportovní hry, v této kategorii je házená tím nejmladším sportem. Na olympiádě je teprve od roku 1972, ženy si házenou jako olympijský sport mohly zahrát až o čtyři roky později. Pravděpodobně díky své nenáročnosti na vybavení hráčů a jednoduchosti, ale také svou dynamičností se stala rychle populární a je tak čtvrtou nejoblíbenější kolektivní hrou v České republice. Házená je i divácky zajímavá, nejspíše pro rychlé změny, neustálé akce a časté kontakty mezi soupeři. (Matoušek, 1995).

Jednoduchost hry, kterou popisuje Matoušek je však hodně spekulativní a týká se spíše pravidel. Např. (Hájková, 1993, 143) píše: „Házená patří k nejnáročnějším míčovým hrám“. Její tvrzení dokládá i fakt, že se jedná o jednu z nejvšestrannějších her, co se fyziologie týče. Pohybovým základem je kromě běhu a hodů také skok. Z pohybových schopností je do hry potřeba jak rychlost, tak i síla. Tyto schopnosti jsou důležité například při kontaktních situacích se soupeřem, nebo při střelbě, u které je důležitá švihová síla paže. Pro představu: rychlost letu míče dosahuje v mužské házené hodnot kolem 120 km/h. Dále je v házené potřeba schopnost obratnosti a rychlostní vytrvalosti. Výbušná síla dolních končetin je zase důležitá při výskocích, startech či změnách směru pohybu. Hráči musí mít zachovanou také jemnou koordinaci, to je důležité hlavně u střelby (Matoušek, 1995; Ondřej, 1987).

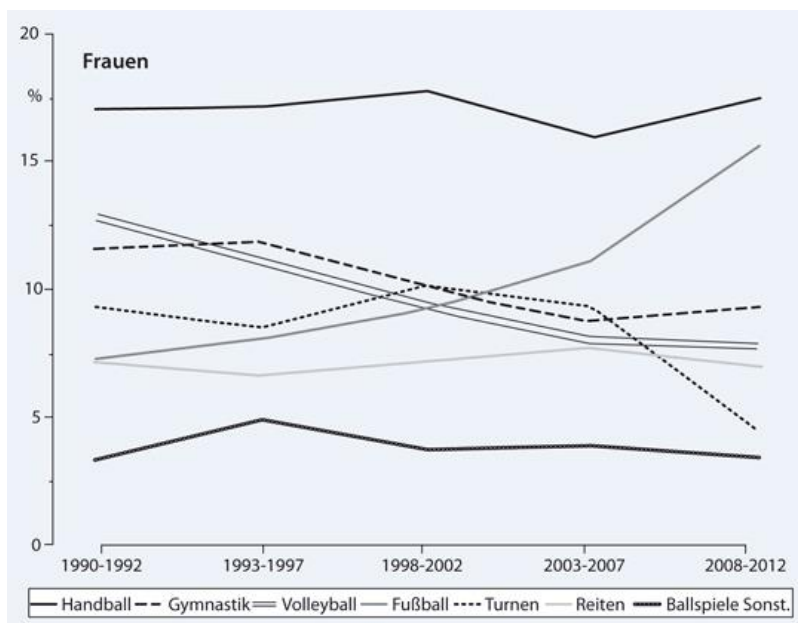
Kromě všestranné náročnosti patří házená k náročnějším hrám také z hlediska psychologie. Pro svou dramatickost v průběhu hry je potřeba, aby hráči zvládali sebeovládání, předvídavost a také velmi rychlé přizpůsobování se často měnícím se herním podmínkám (Hájková, 1993; Matoušek, 1995; Ondřej, 1987).

Zatížení v průběhu hry je střídavé. Struktura pohybu je charakteristická častými změnami pohybu, klikatými pohyby s častými obraty, okamžité zrychlení pohybu při změně ve hře, nesoulad frekvence pohybu dolních končetin s horními, časté zastavování běhu o opětovné obnovení (Platenová, 2009).

Kromě velmi krátkých běhů (do pěti metrů) se v házené uplatňují také rychlé sprinty do vzdálenosti třiceti metrů, ale také běh vytrvalostního charakteru a například boční cval, který hráči využívají v obranné fázi hry. Velmi krátké běhy jsou ukončeny zastavením. K tomu dochází u hráče průměrně 35x za hru. 20x – 30x za hru pak dojde při lokomočním pohybu k náhlé změně směru. Sprint a rychlý krátký běh zaujímá z hrací doby pouze 4 %. 70 % času pak hráč tráví stojem na místě, případně během vytrvalostního charakteru. Zbylá procenta času zaujímá hráč obranné, případně útočné pozice nebo je hráč tráví házením, skákáním a bráněním (Havlíčková, 1993; Wagner et al, 2016).

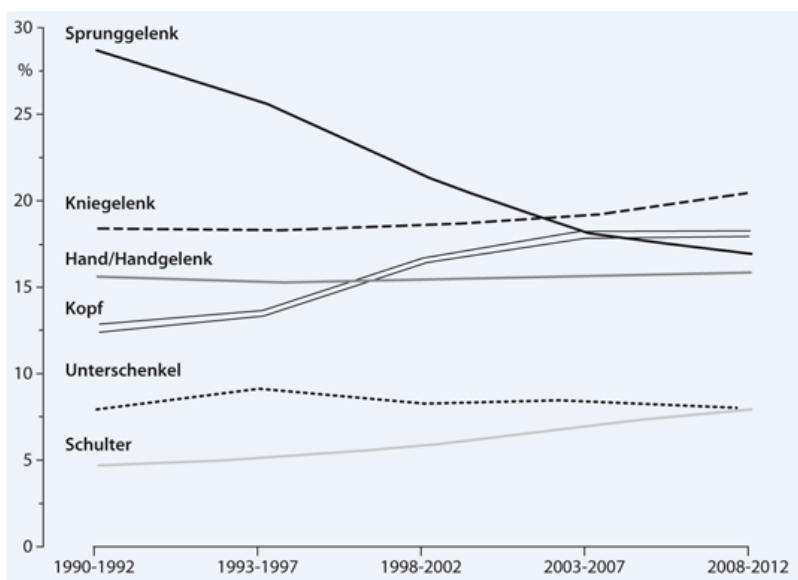
2.1.1 Úrazy a nejvíce zatěžované oblasti u hráčů a hráček házené

V roce 2014 proběhla v Německu velká studie, ve které se monitorovala úrazovost ve sportu. Z výsledků vyplynulo, že jednoznačně nejrizikovějšími sporty z hlediska zranění jsou týmové, míčové sporty. Konkrétně u mužů převládá nejvíce zranění ve fotbale, u žen potom právě v házené (viz obr.1) (Henke, Luig & Schulz, 2014).



Obrázek 1. Procentuální vyjádření počtu zranění u žen v jednotlivých sportech (Henke, Luig & Schulz, 2014).

V devadesátých letech minulého století převládalo poranění kotníků, nyní se však zvyšuje počet poranění kolenních kloubů. Tento fenomén si autoři studie vysvětlují rostoucím zájmem žen o míčové sporty a ženy jsou dle autorů k vážnějším zraněním kolenních kloubů náchylnější (viz obr.2) (Henke, Luig & Schulz, 2014).

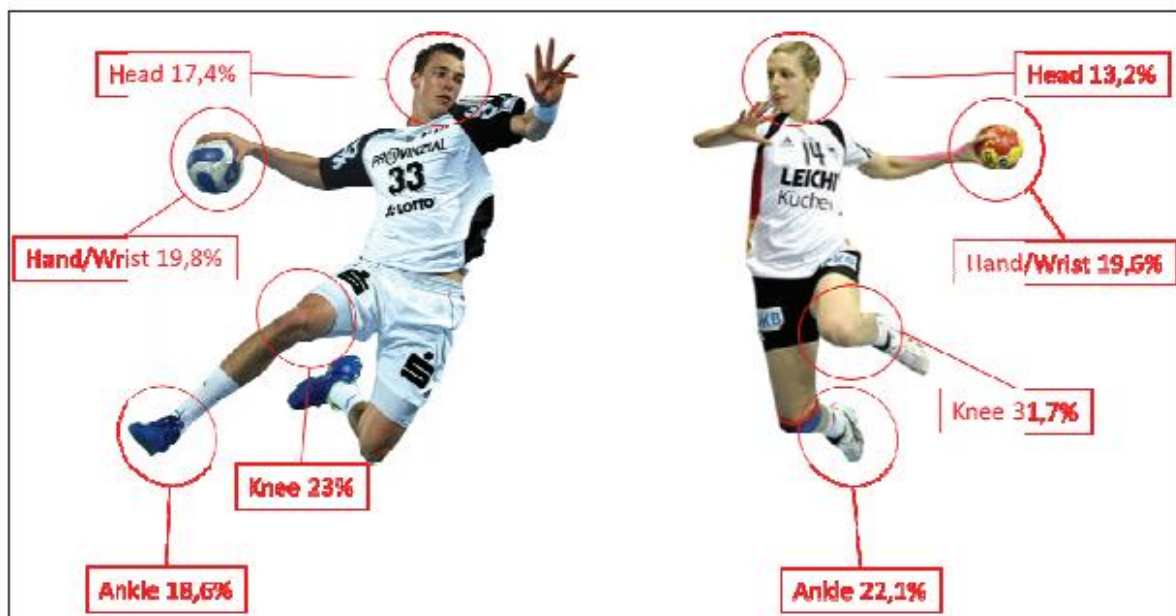


Obrázek 2. Procentuální vyjádření počtu zranění jednotlivých oblastí lidského těla (Henke, Luig & Schulz, 2014).

Při hře jsou nejvíce zatěžovanými oblastmi na dolních končetinách kolenní a hlezenní klouby, Achillova šlacha a také bursa prepatellaris z důvodu pádů. Na horní končetině jsou pak nejvíce zatěžovány klouby prstů, hlavně palce, kvůli mechanice chytání míče, a také ramenní a loketní kloub (Kálal et al., 1997).

Nejnižší úrazovost byla vysledována u hráčů žákovských kategorií, nejvyšší u dospělých. Nejčastěji dochází k poraněním v oblasti končetin, a to konkrétně kloubů v 50-60 % všech úrazů. Druhou nejčastěji poraněnou tkání jsou pak kosti (20-25 %). Nejčastější příčinou úrazů bývá kontakt s druhým hráčem v 70 % případů (Ondřej, 1987).

V roce 2011 byl provedený výzkum na 8 520 házenkářích a házenkářkách ve věkovém rozmezí 14 až 45 let. Tento výzkum se zabýval akutními zraněními v házené. Na obrázku (viz obr.3) lze vidět nejčastější lokalizace úrazů, které v tomto výzkumu vyšly, ženy a muži mají jiný procentuální poměr v zastoupení poranění různých částí těla. Z výzkumu také vyplynulo, že mladé ženy mají větší riziko poranění KOK než muži. Autoři studie vysvětlují toto větší riziko rozdílnou herní strategií. Dle výzkumu totiž dochází k poranění nejčastěji při kontaktu s jiným hráčem a ženy hrají více kontaktně než muži (Luig & Henke, 2011).



Obrázek 3. Procentuální vyjádření počtu zranění jednotlivých oblastí lidského těla u ženy a u muže (Luig & Henke, 2011).

Nejčastějším typem poranění KOK a kotníků pak bývá poranění vazivového aparátu. Za ním následuje poranění šlach a svalů z důvodu nadměrného natažení. Výskyt zlomenin a dislokací je spíše raritní (Luig & Henke, 2011).

2.2 Kolenní kloub

Kolenní kloub (articulatio genus) můžeme popsat hned s několika superlativy. Spojuje dvě nejdelší kosti v těle – os femur a tibia. Jde také o největší kloub v těle. Jedná se o kloub složený, kromě již zmíněných nejdelších kostí zde artikuluje také patella. Pohyb v tomto kloubu zkracuje, anebo prodlužuje délku dolní končetiny (Dylevský, 2009).

2.2.2 Flexory kolenního kloubu

Hlavními flexory kolenního kloubu jsou m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus. Všechny hlavní flexory kolenního kloubu jsou současně pomocnými extenzory kloubu kyčelního a řadí se do dorzální skupiny svalů stehna. Při flexi kolenního kloubu musí do aktivace vstoupit také flexory kyčelního kloubu, které stabilizují femur proti extenzi, kterou současně vykonávají hlavní flexory kolenního kloubu (Čihák & Grim, 2001).

Hlavní flexory KOK jsou také známé jako tzv. hamstringy. Toto slovo pochází z angličtiny a v překladu znamená „ochromit“. Dříve se totiž právě tyto svaly přezávaly u některých zvířat, aby se jim tak zabránilo bojovat (Dimon, 2017). Síla hamstringů, tedy konkrétně síla m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus je závislá na postavení pánve – čím větší je flexe pánve, tím větší je síla flexorů (Dylevský, 2009).

Hamstringy jsou také označovány za synergisty ACL. Jejich aktivitou dochází k tahu tibie dozadu a tím ke snížení napětí ACL. Antagonistickou funkci má naopak tah m. quadriceps femoris, který napětí ACL zvyšuje (Bartoníček & Heřt, 2004; Nýdrle & Veselá, 1992).

- **Musculus biceps femoris**

Dlouhá hlava začíná na tuber ischiadicum a je tedy zároveň pomocným extenzorem kyčelního kloubu, na rozdíl od krátké hlavy, která začíná ve střední třetině labium laterale lineae asperae. Společnou šlachou se obě hlavy upínají na caput fibulae. Svou aktivitou tedy způsobují již zmíněnou flexi kolenního kloubu, dlouhá hlava extenzi kyčelního kloubu a při flektovaném kolenním kloubu provádí také zevní rotaci bérce. Sval inervuje n. ischiadicus (Čihák & Grim, 2001).

- **Musculus semitendinosus**

Tento sval je charakteristický svým vzhledem. Jednak má dlouhou úponovou šlachu, která je přibližně stejně dlouhá, jako svalové břicho, jednak má uprostřed svalového břicha šlašitou vložku. Stejně jako m. biceps femoris, začíná i m. semitendinosus na tuber ischiadicum, ovšem více mediálně. Upíná se na mediální stranu tibie a to prostřednictvím pes anserinus. Kromě flexe kolenního kloubu a pomocné extenze v kyčli také napomáhá addukci v kyčelním kloubu a při flektovaném koleni způsobuje svou aktivitou vnitřní rotaci bérce. M. semitendinosus je inervován prostřednictvím n. ischiadicus (Čihák & Grim, 2001).

- **Musculus semimembranosus**

Neboli sval poloblantý je objemným a dlouhým svalem. Plochou šlachou začíná na tuber ischiadicum odkud pokračuje až téměř do poloviny své délky jako plochá šlacha. Za mediálním kondylem femuru se rozpadá na tři úponové pruhy. Přední pruh končí na mediálním kondylu tibie, o inserci střední části je mezi autory rozpor. Čihák s Grimem (2001) uvádějí, že střední pruh se upíná na zadní stranu tibie, ovšem Dylevský (2009) píše, že se upíná do kloubního pouzdra kolene a pokračuje jako ligamentum popliteum obliquum. Toto insercium přiřazují Čihák s Grimem až laterálnímu pruhu. Dylevský pak uvádí, že zadní pruh končí ve fascii m. popliteus. Tento roztrojený úpon se někdy také nazývá jako pes anserinus profundus (Dylevský, 2009; Guyot 2013; Čihák & Grim, 2001).

- **Musculus gastrocnemius**

Sval je součástí m. triceps surae, přičemž m. gastrocnemius tvoří dvě hlavy tohoto mohutného svalu – caput mediale a caput laterale. Obě hlavy začínají na horních okrajích kondylů femuru. Sval se upíná na zadní, spodní část tuber calcanei jako tzv. Achillova šlacha. Dle Dylevského (2009) je účast tohoto svalu na flexi KOK minimální a jeho hlavní funkcí je plantární flexe. Sval je inervován z n. tibialis (Čihák & Grim, 2001; Dylavský, 2009).

- **Pomocné flexory kolenního kloubu**

Dalšími, pouze pomocnými svaly pro flexi v KOK jsou m. gracilis, m. sartorius a m. popliteus. Do pomocných flexorů se také řadí již výše zmiňovaný m. gastrocnemius. Při flexi však nedochází pouze k aktivitě flexorů. Pohyb je potřeba také zastabilizovat, proto jsou v aktivitě také m. iliopsoas, m. pectineus a m. rectus femoris. Nežádoucí složky pohybu potom neutralizují na jedné straně m. biceps femoris, na druhé straně m. semimembranosus a m. semitendinosus. Hlavní flexory jsou si tedy navzájem současně neutralizačními svaly (Dylavský, 2009).

2.2.1 Funkční anatomie kolenního kloubu

Kloubní plochy tibie jsou prakticky ploché. Na femuru artikulují kondyly, které jsou konvexní a kontakt těchto kloubních ploch je tedy velmi omezený. Tuto inkongruenci vyrovnávají chrupavčité menisky, které tak představují většinu povrchu kloubní plochy.

- Meniskus medialis – upíná se v přední a zadní části femuru mezi kondyly. Je větší, než laterální meniskus a má poloměsíčitý tvar. Ve svém středu je pak pevně přirostlý k vnitřnímu kolaterálnímu vaz, proto je méně pohyblivý a více náchylný na poškození (při poranění menisků je meniskus medialis poškozen v 95 % případů).
- Meniskus lateralis – upíná se na dvou místech, která jsou však velmi blízko u sebe. Kromě úponu v zední části femuru mezi kondyly se upíná v blízkosti předního zkříženého vaz (někdy bývá s ACL srostlý ojedinělými vlákny). Má téměř kruhový tvar, je více pohyblivý, a proto méně náchylný na poškození.

KOK má největší vazivový aparát ze všech kloubů v lidském těle. Kloubní pouzdro kolenního kloubu je zesíleno celou řadou ligament:

- Ligamentum collaterale tibiale = vnitřní postranní vaz. Jedná se o jeden z nejvýznamnějších stabilizátorů KOK.
- Ligamentum collaterale fibulare = zevní postranní vaz

Na dorsální straně KOK se pak nacházejí:

- Ligamentum popliteum obliquum – jedná se o pokračování šlachy m. semimembranosus. Tento vaz zabraňuje uskřínutí kloubního pouzdra.
- Ligamentum popliteum arcuatum

Přední část KOK je zpevněna vazy:

- Ligamentum patellae – jedná se o hlavní úpon m. quadriceps femoris.
- Retinaculum patellae – vazivové pruhy, které napomáhají fixaci česky.

Další vazy stabilizují KOK přímo zevnitř kloubu a jsou součástí tzv. intraartikulárních ligament:

- Ligamentum cruciatum anterius – přední zkřížený vaz (LCA). Svým průběhem (od mediální plochy laterálního kondylu femuru do area intercondylaris anterior) omezuje pohyb tibie dopředu. V největším napětí je při vnitřní rotaci bérce za současné hyperextenze KOK.
- Ligamentum cruciatum posterius – zadní zkřížený vaz (LCP). Má opačný průběh než LCA. Jde od laterální plochy mediálního kondylu do area intercondylaris posterior. Opačný průběh je příčinou také opačných funkcí. Omezuje zevní rotaci bérce a posun tibie dozadu. Spolu s LCA pak stabilizují KOK při flexi.
- Dalšími nitrokloubními vazy jsou drobná ligamenta menisků - lig. transversum genus, lig. meniskofemorale anterius a lig. meniskofemorale posterius (Čihák & Grim, 2001; Dylevský, 2009).

Ligamenta jsou spolu se svaly tzv. stabilizátory KOK a při úrazech měkkého kolena bývají spolu s menisky velmi často poškozeny. V závislosti na míře poranění dochází po úrazech k rozvoji různých stupňů instabilit KOK (Dylavský, 2009).

2.3 Biomechanika vertikálního výskoku

Vertikální výskok je základní a také společnou motorickou dovedností pro velké množství sportů. Úspěšný výskok vyžaduje koordinované úsilí náborů svalů v celém těle. Principem výskoku je zvýšení svého těžiště díky aktivitě vlastních svalů. Tím pádem se jedná také o užitečný test fyzického výkonu k vyhodnocení potenciálu sportovce. Byla totiž prokázána pozitivní korelace mezi rychlostí, svalovou silou, hbitostí a silovou výkonností v rámci vertikálního výskoku (Reiser, Rocheford & Armstrong, 2006).

Stejně jako chůze nebo běh, je i výskok lokomočním pohybem. Ty jsou založené na principu sumace pohybových článků, přičemž platí, že čím větší jsou úhlové změny těchto článků, tím větší bude také změna polohy těžiště. Přímá úměra platí také mezi úhlovými rychlostmi v kloubech a výslednou rychlostí pohybu. Pohyby jednotlivých pohybových článků by však měly být prováděny v optimální časové následnosti. Pokud se maximální hodnoty úhlových rychlostí ve všech pohybu účastnících se kloubech setkají v jeden moment, bude dodržen tzv. princip superpozice, což by mělo vést k provedení ideálního výskoku (Koniar & Leško, 1986).

Pro maximální výšku je tedy nutné spojit koordinaci pohybů, explozivní sílu, a navíc správné načasování jednotlivých tělesných segmentů. Explozivní síla dodává tělu zrychlení a výzkumy ukazují, že se jedná o hlavní a stěžejní prvek, který vertikální výskok, konkrétně jeho výšku, ovlivňuje. Technika hraje menší, a ne tak podstatnou roli pro výkon výskoku (Vaneznis & Lees, 2005).

Výzkum z roku 2013 autorů Rousanoglou, Barzouka a Boudls ovšem potvrdily, že i koordinace a technika výskoku svou roli má. Ve svém výzkumu totiž u účastníků studie vůbec netrénovali výbušnou sílu (dokonce se jí záměrně vyhýbali), a zlepšovali pouze technickou stránku výskoku a koordinaci. I v tomto případě došlo ke zlepšení výkonu vertikálního výskoku.

Trénovat i koordinaci a techniku výskoku je však důležité také z preventivního hlediska, jelikož se při správné technice snižuje riziko úrazů (Tillman, Hass, Brunt & Bennett, 2004).

2.4 Pohybová aktivita v dětském věku

U malých dětí je téměř veškerý volný čas zaplněný spontánní aktivitou. Ta však postupně klesá a ve školním věku již bývá doplňována aktivitou řízenou, jelikož by neměl klesat energetický výdej dítěte. Kromě toho je však pohybová aktivita v dětském věku také podkladem pro dobrý zdravotní stav v dospělosti (Máček & Radvanský, 2011)

2.4.1 Pohybová aktivita jako prevence

Pohybová aktivita v dětském věku je zásadní preventivní opatření pro výskyt různých onemocnění v dospělosti. Vede k optimálnímu vývoji pohybové soustavy, dochází ke zvyšování kardiopulmonální výkonnosti a k vyšší inzulinové senzitivě. To vše je prevencí proti vzniku obezity, diabetu, kardiovaskulárních onemocnění či osteoporózy v dospělosti, také lze pohybovou aktivitou zabránit vzniku vadného držení těla. V dětském věku je také ještě možnost zvýšit množství svalových vláken, alveol a zvyšovat kapilarizaci. Zkoumal se také vliv pohybové aktivity na morbiditu, tento vztah je však těžké prokázat. Co se prokázat podařilo, byl například nižší výskyt rakoviny prsu při vyšší pohybové aktivitě v dětství a dospívání (Máček & Radvanský, 2011; Máček & Vávra, 1980).

2.4.2 Nežádoucí účinky

Jedním z nežádoucích účinků při intenzivně prováděné pohybové aktivitě u dětí je vznik hypotalamicko-hypofyzární dysfunkce. Ta bývá příčinou opožděného nástupu první menstruace, vynechávání menstruace i oslabení imunity (Máček & Radvanský, 2011).

Dalším nežádoucím účinkem mohou být funkční poruchy pohybového systému, zejména z důvodu neadekvátní zátěže u dětí a dospívajících. Tyto poruchy mohou vyústit v nepříjemné a dlouhodobé bolesti a mohou vést až k trvalým změnám. Tyto poruchy mohou vznikat na úrovni centrální, nervové, kloubní a svalové. Vznik poruchy v etáži nervové způsobuje fixaci špatných pohybových stereotypů a tím dává vznikat vadnému držení těla, svalovým dysbalancím a může vést až k předčasným degenerativním změnám.

U sportovců dochází nejčastěji k poruchám na úrovni svalů, kdy vlivem dlouhodobého nadměrného přetěžování určitých svalových skupin dochází opět k svalovým dysbalancím. Poruchy na úrovni kloubu mívají vazbu na poruchy svalů a naopak. Ke kloubním poruchám mohou také přispívat záněty případně traumata. Traumata nemusí vzniknou náhle, při neadekvátní zátěži může docházet k opakovaným mikrotraumatům, často nepoznaným. Jejich kumulace pak může být příčinou vzniku úrazu, mohou ale také způsobovat poškození na úrovni šlach. Tyto entezopatie bývají častým nežádoucím účinkem pohybové aktivity a mladých sportovců. Typickým příkladem je M. Osgood – Schlater, a jedinou účinnou terapií je výrazné omezení až zákaz tréninků (Pastucha, Malinčíková & Tichá, 2010).

Častou motivací ke sportu je pocit vítězství a touha vyhrávat. Někdy tato touha může negativně ovlivnit sportovce, který je pro výhru schopný učinit i kroky v rozporu s fair play. Velkou kapitolou nežádoucích účinků sportování je užívání zakázaných látek, tzv. dopingu. Tyto látky poškozují lidský organismus, největší negativní dopady mají na soustavu kardiovaskulární, na krev a cévní systém, na kůži, hepatální systém, muskuloskeletální systém, endokrinní systém, centrální nervový systém a na imunitní systém. Kromě zakázaných látek se sportovci můžou vydat cestou užívání potravinových doplňků. Ty nejsou ve sportovním odvětví zakázána a jsou volně k dostání. Mladí sportovci k nim tudíž mají snadnější přístup. Většina potravinových doplňků neničí organismus jako dopingové látky. Velmi nebezpečné je však užívání stimulačních preparátů u dětí s hypertenzí, protože může vést až k poškození ledvin (Pastucha, Malinčíková & Tichá, 2010).

Posledním, zde zmíněným nežádoucím účinkem sportování mladých je porucha příjmu potravy. Výzkumy ukazují, že konkrétně sportovci jsou ohroženou skupinou a porucha příjmu potravy se u nich vyskytuje častěji než u nesportující mládeže. Kromě mentální anorexie a mentální bulimie se poslední dobou objevuje častěji také porucha s názvem bigorexie neboli Adisonův komplex. Častěji postihuje muže, ale objevuje se i u žen a jde o extrémní snahu zvýšit svalovou hmotu bez nabrání tukové hmoty. Tito jedinci se nedokáží vnímat objektivně a stále se cítí jako slabí a málo osvalení (Pastucha, Malinčíková & Tichá, 2010).

2.5 Únava

Existují dvě hlavní příčiny únavy. Tou první je svalová činnost, ve druhém případě jde o únavu mentální (Máček & Radvanský, 2011).

2.5.1 Periferní únava

Únava, která je svalově podmíněná bývá nazývána jako periferní, případně svalová. Je způsobena dlouhou, silnou nebo opakovanou svalovou kontrakcí. Provází ji snížení zásob glykogenu, zvýšení hladiny kyseliny mléčné, snížení pH a změna prokrvení ve tkáni. Vznik svalové únavy je mechanismem organismu, který zabraňuje poškození tkání (Rokyta 2016).

Přesné příčiny únavy však nejsou dodnes plně a uspokojivě objasněny. Únava se projeví nejdříve subjektivními pocity, při intenzivnějším zatížení se objeví i objektivní změny.

Z objektivních změn lze v případě svalové únavy v extrémních podmínkách sledovat například zpomalení a snížení frekvence akčních potenciálů na záznamu EMG.

Existuje několik hypotéz, které se snaží únavu více objasnit. Jedna z nich hledá její vznik v poruchách řízení a kontroly pohybu. Při intenzivnějším zatížení však může vzniknout porucha přímo v konkrétním svalovém vlákně a v jeho motoneuronu.

Další hypotéza vysvětluje únavu jako záležitost poruchy funkce kontraktálních bílkovin, tedy aktinu a myosinu. Dříve se předpokládalo, že vznik únavy je způsoben vzestupem hladiny laktátu, jehož vlivem klesají zásoby kreatinu a ATP. Dojde k poklesu pH a vzniká metabolická acidóza spolu se stavem, který připomíná intoxikaci.

Nové výzkumy však ukázaly, že metabolická acidóza není způsobena laktátem. Proto se dnes únava přisuzuje spíše vyčerpání energetických zdrojů. Konkrétně se jedná o tři hypotézy:

1. nedostatek energetických zásob, které jsou nutné k provedení svalové kontrakce
2. nedostatek kyslíku, což znemožňuje spalování
3. sval se sníží schopnost energetické zdroje využívat

Platnost těchto hypotéz zatím nebyla dostatečně podložena důkazy. Existuje však jev, kdy při dostatečném množství energetických zásob i kyslíku

klesá schopnost měnit chemickou energii na mechanickou. Nejpravděpodobněji je tedy příčinou blokáda syntézy ATP v mitochondriích (Máček & Radvanský, 2011).

2.5.2 Teorie centrální únavy

Ne všechny stavy spojené s únavou jsou však zdůvodnitelné pouze výše uvedenými příčinami. Proto se objevila další hypotéza, která tyto projevy únavy připisuje tzv. centrální únavě. Díky té se mění vnímání svalového úsilí, způsobuje změnu nálady, změnu v požívání bolesti a pocit diskomfortu. Centrální únava může ovlivňovat i faktory periferní únavy, její vliv se však pravděpodobně projevuje až v extrémních podmínkách (dlouhodobá intenzivní zátěž, maximální krátkodobé silové zatížení), proto se projevy centrální únavy objevují spolu s projevy únavy periferní, která je v těchto podmínkách přítomná také. Centrální únava je nejspíše spojena s vzestupem koncentrace některých neurotransmiterů v CNS, zejména serotoninu a pravděpodobně i dopaminu (Máček & Radvanský, 2011).

S.G. Mclean a J.E.Samorezov provedli v roce 2009 výzkum, který však poukazuje, že vliv centrální únavy je možná větší, než se předpokládalo. Jejich výzkum se zabýval vlivem centrální únavy na úrazy kolenního kloubu, konkrétně zkoumali únavou navozené riziko poranění ACL. Testovány byly vysokoškolské hráčky fotbalu, basketbalu a volejbalu. Únava byla navozena dřepy na jedné noze, testování bylo prováděno při doskocích na kontralaterální dolní končetinu. Únava je podstatným faktorem vzniku úrazu kolenního kloubu (ACL). Svým působením mění fyziologickou biomechaniku kloubu na rizikovou.

Bylo zjištěno, že s narůstající únavou dochází statisticky významně ke snížení velikosti flexe kolenního kloubu v iniciální fázi, v dalším průběhu pak ke snížení ohybového momentu KOK, zvětšuje se vnitřní rotace v KYK a zvětšuje se abdukční úhel KOK. Všechny tyto odchylky vedou k většímu zatížení ACL, čímž roste riziko poranění.

Závěrem výzkumu došli autoři k tomu, že jednostranná únava navozuje únavu i na kontralaterální končetině. Centrální únava by tedy mohla být velmi podstatnou součástí únavových mechanismů, a proto by mělo být nezbytné trénovat také centrální kontrolní mechanismy pro prevenci úrazů (Mclean & Samorezov, 2009).

2.5.3 Únava v období dětství a dospívání u sportujících jedinců

Únava po tréninku nebo zápase není nežádoucím jevem. Naopak se jedná o fyziologickou záležitost, určitá míra únavy po tréninkovém zatížení je dokonce žádoucí s cílem zvyšovat adaptaci. Jedná se o akutní únavu, která má tendenci rychle vymizet. Při vhodném odpočinku většinou do 24 hodin. Pokud je ovšem sportující jedinec vystaven stresorům způsobujícím únavu trvale nebo opakovaně bez požadovaného odpočinku, únava nevymizí a pak se jedná o únavu protahovanou. Zejména u dětí a dospívajících je důležité tento symptom sledovat, jelikož se může jednat o varovný signál před objevením organických poruch. Je daleko výhodnější únavě předcházet než léčit poškození, kterou protahovaná kumulativní únava způsobila. Prevencí mohou být například dotazníky k detekci únavy (questionnaire of fatigue - QFSC), ale také rozumně vedený trénink zahrnující dostatečný odpočinek a regeneraci (Bricout, 2017).

Kumulativní únava může vést až k syndromu přetrénování. Ten u dětí způsobuje změny v růstu, lze proto podchytit auxologickým vyšetřováním (tzv. růstovou diagnózou). Samotná diagnostika je ovšem velmi obtížná. Mezi další symptomy patří u dětí a adolescentů změny chování ve smyslu podrážděnosti, nechuti k trénování, podceňování sebe sama, pocity úzkosti, pocity viny. Dalším symptomem bývá pokles výkonnosti a zvýšení klidové tepové frekvence (Pastucha, Malinčíková & Tichá, 2010).

2.6 Svalová regenerace

Regenerace je proces, který vede k zotavení organismu po vyvedení z klidové rovnováhy a nastolení určitého stupně únavy. U sportovců musí být zahrnuta do komplexně vedené přípravy a je téměř stejně důležitá, jako vlastní trénink. Regenerace totiž dokáže zvýšit intenzitu tréninkového zatížení, díky čemuž dokáže zvýšit výkon jedince. Navíc snižuje riziko mikrotraumat, úrazů a chronického poškození.

Regenerace může být pasivní nebo aktivní. Za pasivní regenerací stojí samotný organismus, který svou činností nastavuje homeostázu. Likviduje metabolickou acidózu a katabolity, reparuje poškozené buňky, přesouvá ionty, obnovuje energetické substráty, vyrovnává teplotní změny a elektrické potenciály v nervové soustavě a zintenzivňuje činnost trávící a vylučovací soustavy. Aktivní regeneraci iniciuje sám jedinec, jedná se o postupy, které vedou k urychlení regeneračních postupů nastartovaných samotným organismem.

V období regenerace je aktivní parasimpatikus, díky kterému se regenerační procesy urychlují. Způsobuje vazodilataci zažívacího ústrojí, díky tomuto mechanismu se zvýší vstřebávání živin, tím i k obnově energetických zásob. Stimuluje anabolické děje, díky kterým dochází k ukládání glykogenů a lipidů a také způsobuje vagotonii, čímž zpomaluje činnost srdce (Kapounková, 2008).

2.6.1 Vybrané prostředky aktivní regenerace

Prostředky regenerace mohou být pedagogické, psychologické, fyzikální, pohybové a farmakologické.

- Pedagogické prostředky – jsou ovlivněny hlavně trenérem. Jedná se o tvorbu tréninkového plánu, vedení sportovce k dennímu režimu nebo zařazení vhodných regeneračních prostředků do tréninku, je zde zahrnuta také schopnost trenéra reagovat na aktuální stav svěřence.
- Psychické prostředky – i zde má hlavní kompetenci trenér, s pedagogickými prostředky úzce souvisí. Z konkrétních technik je možné zmínit sugesci, autosugesci, hypnoterapii a autogenní trénink, všechny tyto postupy mohou pomoci v urychlení regeneračních postupů.

- Fyzikální prostředky – zde se využívá k regeneraci fyzikální energie. K regeneraci lze využít elektroterapii, fototerapii, mechanoterapii včetně masáží a dalších manuálních technik, magnetoterapii, termoterapii (pozitivní i negativní), kombinovanou terapii nebo hydroterapii.
- Pohybové prostředky – sportovci využívající tento typ regenerace mají vybraný nějaký doplňkový sport nebo sporty, ve kterých zapojují jiné svalové skupiny, než u svého primárního sportu, což vede k úpravám svalových disbalancí. Každý sportovec by měl znát také kompenzační cvičení, které by si měl provádět.

Kromě těchto prostředků ovlivňují regeneraci také faktory jako výživa či pitný režim (Kapounková, 2008).

2.7 SEMG záznamy

Záznam můžeme rozdělit na surový, zpracovaný a na normalizovaný, tedy na záznam, který již můžeme použít k porovnávání. Surový záznam je tvořený zobrazenými interferenčními vzorci akčních potenciálů. Amplitudy jsou tedy nerovnoměrně a náhodně uspořádané, navíc se zde náhodně mohou objevit jejich vysoká maxima. Tyto maxima představují výboje více motorických jednotek a svou přítomností záznam zkreslují. Proto je nutné záznam dále zpracovat. Zpracováním signálu se eliminují zkreslovací údaje a umožní další analýzy (Krobot & Kolářová, 2011; Konrad, 2006).

2.7.1 Zpracování signálu

Surový signál se dále zpracovává pomocí frekvenční filtrace. Díky této úpravě se ze signálu odstraní artefakty, které nemají původ ve vlastní aktivaci sledovaného svalu. Tyto nechtěné signály mohou vznikat například pohybem kabelů, případně se zde můžou projevit dalšími signály z jiných částí těla, například aktivace sousedního svalu či EKG (Dupalová & Zaatar, 2015).

Dalším typem úpravy signálu je rektifikace a vyhlazení. Rektifikace je čistě matematická operace, která vytvoří všechny hodnoty pozitivní, i z negativních hodnot amplitudy tedy vytvoří absolutní hodnoty. Vyhlazení křivky se pak děje pomocí různých algoritmů, které jsou zahrnuty v softwarových programech (Dupalová & Zaatar, 2015).

Velmi důležité je provést normalizaci signálu. Ta nám umožní výsledné hodnoty porovnávat mezi sebou. U provádění normalizace křivky se naměřené parametry poměrově vztahují k předem určené porovnávané hodnotě (Dupalová & Zaatar, 2015; Krobot & Kolářová, 2011; Konrad, 2006).

2.8 Svalová únava u hráček házené

Existují výzkumy, které pomocí povrchového EMG zkoumaly svalovou aktivitu přímo u hráček házené.

Jedním z výzkumů byla práce Zebise et al. (2011). Jejich práce měla zjistit míru vlivu únavy na poranění ACL. Zjistili zhoršenou aktivitu hamstringů, tedy agonistů ACL jako reakce na akutní únavu, která byla vyvolána simulací zápasu. Tato snížená funkce pak vede ke ztrátě stability kolenního kloubu. Závěr zápasu je dle této studie vysoce rizikový pro poranění ACL. Tato studie zahrnovala pouze ženy (Zebise et al. 2011).

Studie, zkoumající naopak pouze mužskou populaci zjistila, že po zápase, tedy opět vlivem svalové únavy dojde jednak k výraznému poklesu neuromuskulární aktivity u hamstringů, ale také u m. quadriceps femoris. Dochází ke zhoršování rychlosti a výbušnosti, důležité vlastnosti při skocích či bočních výpadech, tedy důležitých schopnostech v házené, zejména v druhé části zápasu. Autoři došli k závěru, že je důležité zkoumat dopady různých tréninkových metod na odolnost sportovce vůči únavě, aby se pomocí těchto specifických tréninků dalo předcházet zhoršování důležitých vlastností pro zápas (Thorlund, Michalsik, Madsen & Aagaard, 2008).

Poslední je odkaz na studii, která sice nezkoumala svalovou aktivitu házenkářek pomocí EMG, ale nabízí jedno z řad možných řešení, jak úrazům předcházet. Tato studie zkoumá vliv propioceptivního tréninku na zlepšení kloubního postavení u elitních hráček házené. I tato centrace kloubů může dle této studie vysvětlovat zlepšení neuromuskulárního řízení a snížení výskytu úrazů u hráček, které podstupují propioceptivní trénink. Pro trenéry může být návodem, jak předcházet zranění u svých svěřenců (Panics, Tallay, Pavlik & Berkes, 2008).

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Cíle

3.1.1 Hlavní cíl

Cílem této diplomové práce je zhodnocení svalové aktivity flexorů kolenního kloubu pomocí parametrů mean frequency a mean amplitude prostřednictvím poly-EMG u hráček házené ve věku 13 až 15 let v průběhu sezóny, respektive na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018.

3.1.2 Dílčí cíle

- Zhodnocení rozdílů ve svalové aktivitě flexorů kolenního kloubu na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018.
- Zhodnocení rozdílů ve svalové aktivitě flexorů kolenního kloubu na začátku sezóny 2017/2018 mezi hráčkami v kategorii U 13 (průměrný věk 14,25 let) a U 15 (průměrný věk 16,43 let).
- Zhodnocení rozdílů ve svalové aktivitě flexorů kolenního kloubu na konci sezóny 2016/2017 mezi hráčkami v kategorii U 13 (průměrný věk 14,02 let) a U 15 (průměrný věk 16,30 let).

3.2 Výzkumné otázky

V diplomové práci jsou stanoveny tři výzkumné otázky, které vyplynuly z cílů této práce. Výzkumné otázky jsou definovány takto:

VO1: Je svalová aktivita flexorů KOK u jednotlivých hráček rozdílná na konci a na začátku sezóny?

VO2: Jaký je rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK mezi hráčkami v kategorii U 13 a v kategorii U 15 na začátku sezóny?

VO3: Jaký je rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK mezi hráčkami v kategorii U 13 a v kategorii U 15 na konci sezóny?

4 METODIKA

4.1 Výzkumný soubor

Do výzkumného souboru byly zahrnuty hráčky házené z DHK Zora Olomouc. Výzkumný soubor obsahuje dvě žákovské kategorie, konkrétně kategorie U13 a U15. Na konci sezóny obsahoval 9 hráček a na začátku sezóny 12 hráček z kategorie U 15 (průměrný věk na konci sezóny 16,30 let; na začátku sezóny 16,43 let). Pro kategorii U 13 (průměrný věk na konci sezóny 14,02 let; na začátku sezóny 14,25 let) měl testovaný soubor 9 probandek na konci sezóny a 22 probandek na začátku následující sezóny.

Etická komise FTK UP schválila tento výzkum dne 19. 3. 2015 (Příloha 1). Všechny účastnice výzkumu byly informovány o průběhu výzkumu a o jeho obsahu a poskytly informovaný souhlas. Jelikož jsou účastnice výzkumu mladší osmnácti let, informovaný souhlas podepsali zákonní zástupci těchto hráček (Příloha 2).

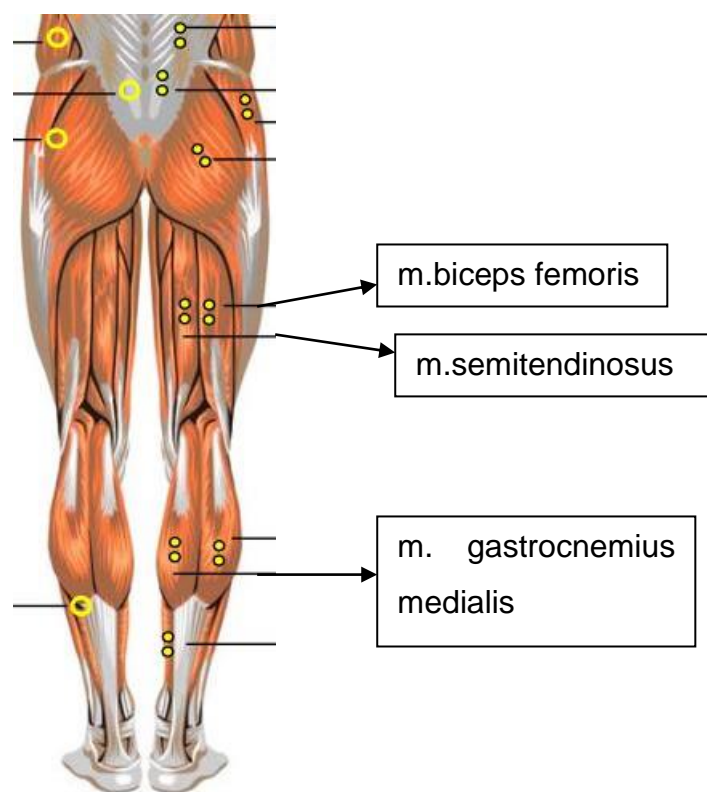
Účastnice výzkumu vyplňovaly před vlastním měřením dotazníky pro další potřeby výzkumu, s těmi však tato práce nepracuje, proto tu nebudou zmiňovány. Vylučovacím kritériem pak byla akutní bolestivost a zranění, tedy stavy, které by znemožňovaly probandům provést vertikální výskok s maximálním úsilím.

4.2 Technické parametry měření

Měření probíhalo pomocí povrchového osmikanálového EMG systému Noraxon TeleMyo 2400 G2. Tyto EMG systémy byly propojené se silovou plošinou typu PS-2142 (Pasco, Roseville, USA) s rozměry 37x37cm, která se před každým měřením kalibrovala. Odpor přístrojů Noraxon je uváděn menší než $10\text{M}\Omega$. Ze systémů pro měření EMG jsme získali elektromagnetický signál, který bylo potřeba dále zpracovat. Ke zpracování EMG signálu byl využit program MyoResearch XP Master Version 1.03.07. Elektromagnetický signál snímaly povrchové samolepící jednorázové elektrody Kendall - ARBO silver-silver chlorid obsahující pevný hydrogel s průměrem 24mm.

4.3 Umístění elektrod

Před samotným umístěním elektrod docházelo k úpravě kožního povrchu – očištění kůže čistou vodou a osušení daného místa, aby bylo docíleno dobré přilnavosti a nízkého odporu. Elektrody byly umístěny na středy svalových bříšek svalů m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus, respektive na místa, kde je svalové břicho nejbliž kožnímu povrchu. Místa byla nalezena palpačně. Průběh elektrod byl paralelní se svalovými vlákny konkrétního svalu a elektrody byly vzdáleny 1 cm od sebe v rámci jednoho svalu (viz obr. 4).



Obrázek 4. Doporučené uložení elektrod (Konrad, 2006).

Dále se umisťovala ještě referenční elektroda, ideálně do místa s co nejmenší aktivitou vzhledem k měřeným svalům. V tomto výzkumu byla referenční elektroda umisťována na tuberositas tibiae. Elektrody byly lepeny na odrazovou

dolní končetinu. Preference byla zjištěna výstupem na stoličku a bylo dbáno na dodržení měření stejné strany po celou dobu výzkumu.

Před samotným měřením proběhlo ještě kontrolní měření, zdali jsou svody připevněny správně k elektrodám a zda se záznam jeví být v pořádku.

4.4 Vlastní měření

Měření probíhalo v rámci celého projektu GAČR buď v prostorách Univerzity Palackého v Olomouci nebo ve sportovní hale DHK Zora Olomouc. Probandky byly vždy ve sportovním oblečení a ve sportovní obuvi, aby nedocházelo např. k omezování ROM vlivem těsného oděvu. Před samotným testováním proběhla rozcvička (rozběhání, protažení). Po rozcvičce byla skupinka účastnic výzkumu rozdělena do několika skupinek, každá skupinka začínala u jiného měření, v rámci celého projektu totiž docházelo k další řadě testovacích metod.

Měření elektromechanického zpoždění začínalo již výše zmíněným umístěním elektrod a zapojením svodů. Poté byla probandka vyzvána k nastoupení na silovou plošinu a provedení squatu. Chodidla byla mírně od sebe (na šíři pánve), kolenní klouby byly ve flexi 90°. Paty musely mít ve výchozí pozici kontakt s podložkou, nesmělo docházet k jejich zvedání. Všechny tyto instrukce byly slovně předány. Bylo také dbáno na správnost držení zad a napřímení páteře včetně krční, tedy výchozí pozice byla s díváním se rovně před sebe. S pokynem „ted“ měla každá účastnice výzkumu provést maximální vertikální výskok, aniž by před výskokem došlo ke snížení těžiště respektive k větší flexi KOK. Na to byly probandky upozorňovány a často docházelo k chybným pokusům právě z tohoto důvodu. Každá probandka měla tři pokusy, první byl zkušební, druhý se většinou použil v rámci zpracování dat, pokud byl druhý nepoužitelný, využil se pokus číslo tři. Mezi jednotlivými pokusy byla půlminutová pauza využitá pro odpočinek probandky a pro uložení naměřených dat.

4.5 Zpracování dat a vyhodnocování výsledků

4.5.1 Analýza elektromyogramu

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, data byla získávána nejčastěji z druhého záznamu. Odtud byly z EMG křivky poznačeny hodnoty při rise 10 % a hodnoty při dosažení maximálního peaku. Z tohoto úseku pak bylo možné získat hodnoty mean frequency, mean amplitude při svalové aktivitě a čas dosažení maximální hodnoty konkrétního svalu. Hodnoty mean amplitude a mean frequency pak bylo potřeba zjistit i pro klidovou fázi daného svalu. Data se odebírala ze signálu, který byl rektifikovaný a vyhlazený. Dál se EMG signál upravoval normalizací, při kterých se průměrné hodnoty amplitudy vydělily klidovými. Díky normalizaci lze přesněji porovnávat naměřené hodnoty mezi jednotlivými probandkami.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výzkumná otázka 1 (VO1)

VO1: Je svalová aktivita flexorů KOK u jednotlivých hráček rozdílná na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018?

Tabulka 1. Výsledky Wilcoxonova párového testu u sledovaných probandek v kategorii U13 a U15.

Dvojice proměnných	Počet platných	T	Z	p-hodn.
GM čas začátek & GM čas konec	15,00000	31,00000	1,64709	0,09954
GM MA začátek & GM MA mean konec	15,00000	60,00000	0,00000	1,00000
GM MF začátek & GM MF konec	15,00000	55,00000	0,28398	0,77643
BF čas začátek & BF čas konec	15,00000	39,00000	1,19272	0,23298
BF MA začátek & BF MA konec	15,00000	38,00000	1,24952	0,21148
BF MF začátek & BF MF konec	15,00000	50,00000	0,56796	0,57006
ST čas začátek & ST čas konec	15,00000	60,00000	0,00000	1,00000
ST MA začátek & ST MA konec	15,00000	26,00000	1,93107	0,05348
ST MF začátek & ST MF konec	15,00000	52,00000	0,45437	0,64956

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba dosažení vrcholu (peak) amplitudy, MA = mean amplitud (průměr amplitudy), MF = mean frequency (průměrná frekvence), p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.

První výzkumná otázka se snažila zjistit, jestli existuje rozdíl ve svalové aktivitě na začátku sezóny a na konci sezóny. Porovnávaly se obě kategorie,

tedy probandky v kategorii U13 i U15, dohromady patnáct účastnic výzkumu. Žádný měřený parametr nenabyl statistické významnosti, nelze tudíž konstatovat, že by svalová aktivita na začátku sezony byla rozdílná oproti svalové aktivitě na konci sezony u některého z měřených svalů. Nejbližší statistické významnosti se dostal parametr ST mean začátek & ST mean konec (0,05348), tedy rozdíl ve svalové aktivitě na začátku a na konci sezóny u m. semitendinosus, tento rozdíl však také nenabyl statistické významnosti, nelze tedy brát v potaz.

Průměrné hodnoty parametru mean frequency u všech svalů na začátku sezóny zvýšily svou hodnotu, ne však statisticky významně (Tabulka 2).

Tabulka 2. Průměrné hodnoty parametru mean frequency u všech probandek na konci a na začátku sezóny.

	Konec sezóny	Začátek sezóny	p-hodn.
MF GM	0,650	0,741	1,000
MF BF	0,647	0,842	1,000
MF ST	0,631	0,792	1,000

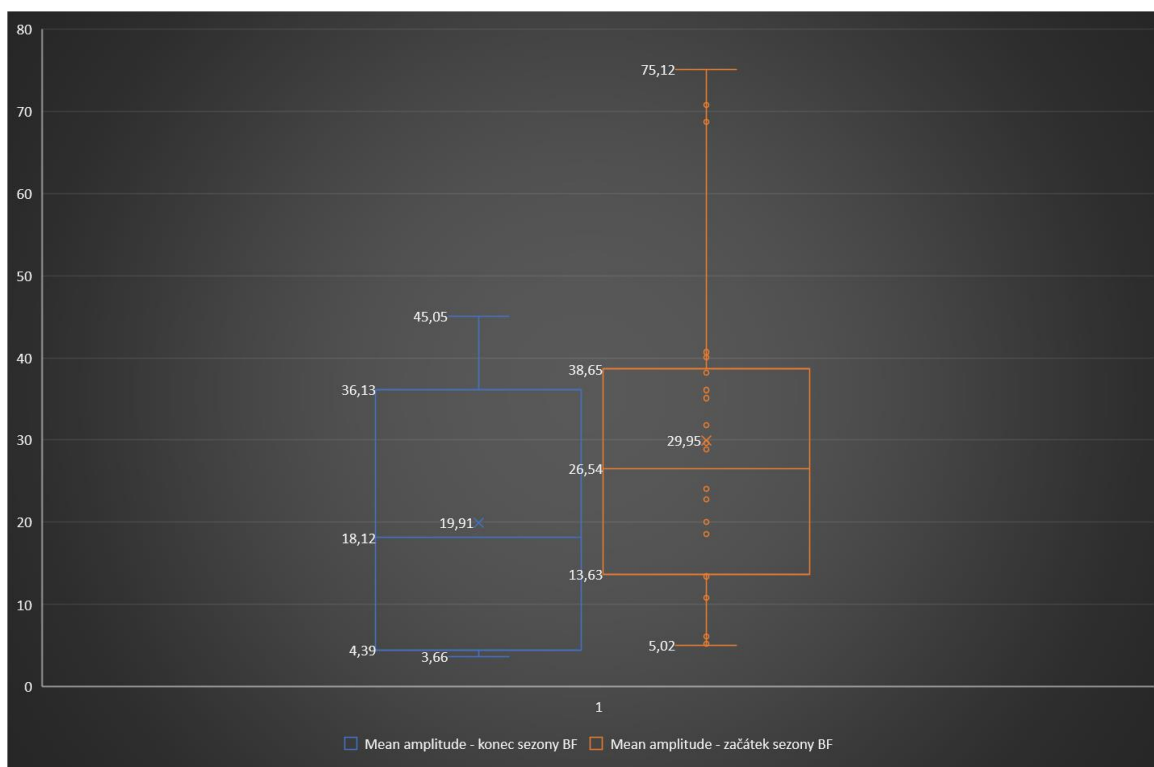
Legenda: MF = mean frequency (průměrná frekvence), GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.

Za zmínku stojí průměrné hodnoty některých parametrů. Průměrná hodnota mean amplitude pro m. biceps femoris na začátku sezóny pro kategorii U13 byla 29,95 na konci sezóny měla hodnotu 19,91. Z těchto hodnot lze konstatovat, že pro kategorii U13 byla aktivita m. biceps femoris na začátku sezóny vyšší než na konci sezóny, a to statisticky významně ($p = 0,013$) (viz Obr.5). U stejného svalu byla průměrná hodnota mean frequency na konci sezóny 0,6 a na začátku sezóny 0,8. Na začátku následující sezóny došlo tedy k zvýšení svalové aktivity u m. biceps femoris, zároveň se zvýšila hodnota mean frequency jejíž pokles značí únavu daného svalu (Tabulka 3).

Tabulka 3. Průměrné hodnoty vybraných parametrů pro kategorii U 13 na konci a na začátku sezóny.

	Konec sezóny	Začátek sezóny	p-hodn.
MA BF, U13	19,915	29,951	0,013
MF BF, U13	0,616	0,904	0,723

Legenda: MA = mean amplitud (průměr amplitudy), MF = mean frequency (průměrná frekvence), BF = m. biceps femoris, U 13 = věková kategorie U 13, p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.



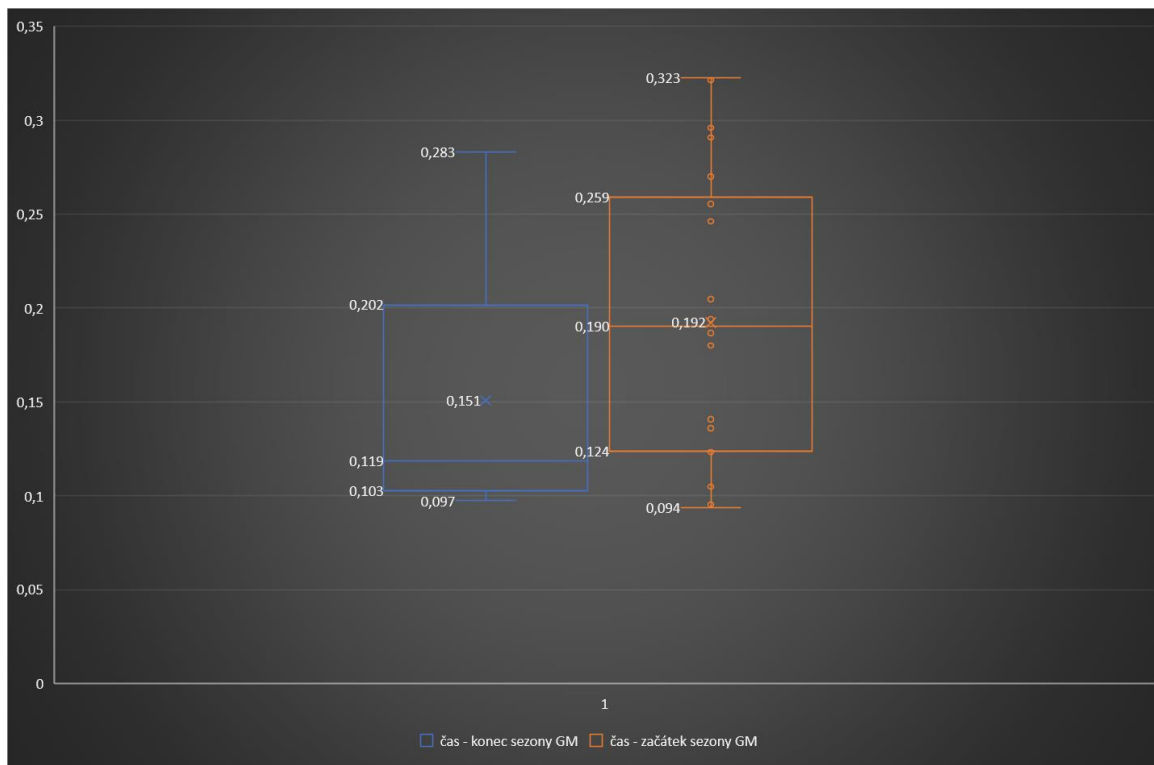
Obrázek 5. Krabicový graf zobrazující průměrné hodnoty parametru mean amplitud pro m. biceps femoris na konci sezóny a na začátku následující sezóny včetně minimálních a maximálních hodnot a mediánu pro kategorii U13

Dalším zajímavým parametrem byl průměrný čas pro m. gastrocnemius medialis opět v kategorii U13. Na konci sezóny byla průměrná hodnota 0,15 a na začátku sezóny 0,19. Rozdíl hodnot sice nenabyl statistického významu, k významnosti se ale přiblížil ($p = 0,069$). Tento údaj svědčí o tom, že na konci soutěžní sezóny měly probandky lepší výbušnou sílu a intramuskulární koordinaci, jelikož k dosažení peaku jim stačil nižší čas (viz Obr.6, Tabulka 4).

Tabulka 4. Průměrné hodnoty parametru čas v kategorii U 13 na konci a na začátku sezóny pro m. gastrocnemius medialis.

	Konec sezóny	Začátek sezóny	p-hodn.
čas GM, U13	0,151	0,192	0,069

Legenda: čas = doba dosažení vrcholu (peak) amplitudy, GM = m. gastrocnemius medialis, U 13 = věková kategorie U 13, p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.



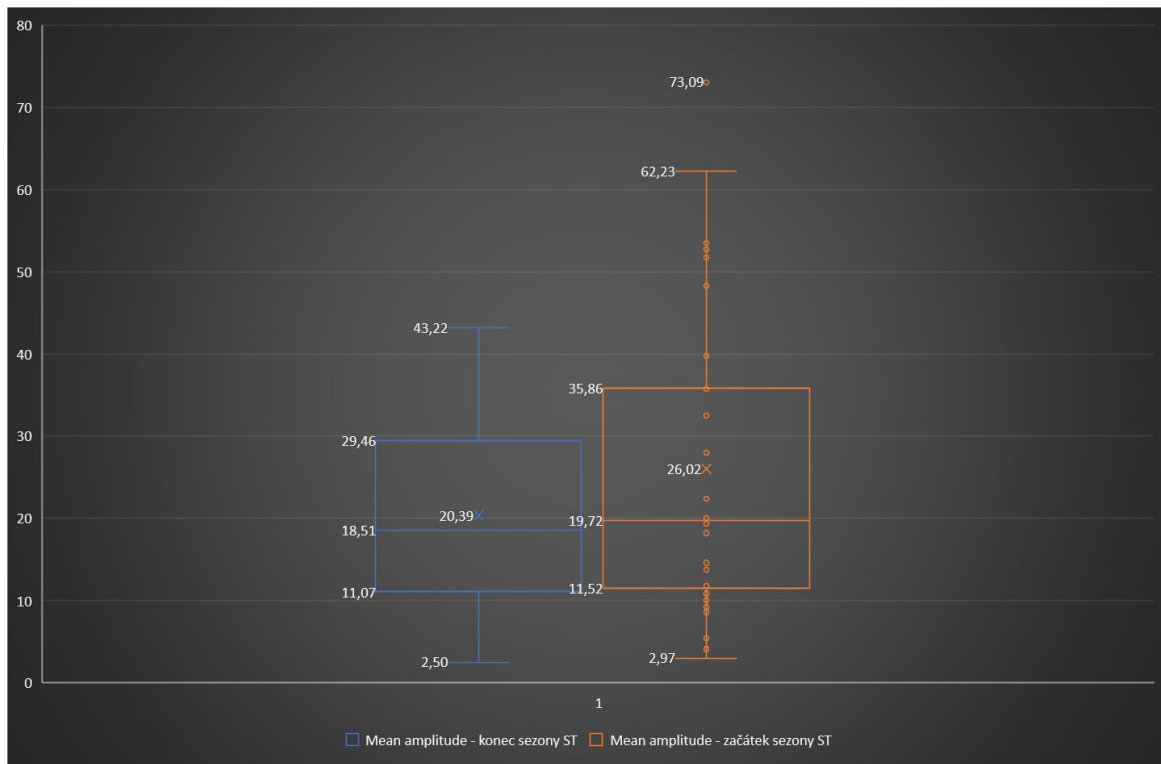
Obrázek 6. Krabicový graf zobrazující průměrné hodnoty času pro m. gastrocnemius medialis na konci sezóny a na začátku následující sezóny včetně minimálních a maximálních hodnot a mediánu pro kategorii U13.

U všech kategorií se pak objevil rozdíl v průměrných hodnotách mean amplitude pro m. semitendinosus. Na konci soutěžní sezóny byla průměrná hodnota 20,39 a na začátku následující sezóny byla průměrná hodnota 26,02. M. semitendimosus měl tedy vyšší míru aktivity na začátku další soutěžní sezóny (viz Obr.7, Tabulka 5).

Tabulka 5. Průměrné hodnoty parametru mean amplitud u všech probandek na konci a na začátku sezóny pro m. semitendinosus.

	Konec sezóny	Začátek sezóny	p-hodn.
MA ST	20,389	26,015	0,053

Legenda: ST = m. semitendinosus, MA = mean amplitud (průměr amplitudy), p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.



Obrázek 7. Krabicový graf zobrazující průměrné hodnoty parametru mean amplitud pro m. semitendinosus na konci sezóny a na začátku následující sezóny včetně minimálních a maximálních hodnot a mediánu, jsou zde zahrnuty kategorie U13 i U15.

5.2 Výzkumná otázka 2 (VO2)

VO2: Jaký je rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK mezi hráčkami v kategorii U 13 a v kategorii U 15 na začátku sezóny?

Tabulka 6. Mann – Whitney U test – výsledky porovnání kategorie U 13 a U 15 na začátku sezóny.

Proměnná	p-hodnota
Čas GM	0,682894
Mean amplitude GM	0,631431
MF GM	0,845196
Čas BF	0,845196
Mean amplitude BF	0,873084
MF BF	0,735830
Čas ST	0,510503
Mean amplitude ST	0,510503
MF ST	0,985841

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba dosažení vrcholu (peak) amplitudy, mean amplitude = průměr amplitudy, MF = mean frequency (průměrná frekvence), p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.

Druhá výzkumná otázka se snažila zjistit, jestli existuje rozdíl ve svalové aktivitě měřených svalů mezi hráčkami konkrétních kategorií na začátku sezóny. V žádném z měřených parametrů nenabyla hodnota p statistické významnosti, dokonce se k ní ani nepřiblížila. Lze tedy konstatovat, že na začátku sezóny není rozdíl v aktivitě flexorů KOK mezi hráčkami v kategorii U 13 a U 15.

Z průměrných hodnot se mezi kategoriemi U 13 a U 15 na začátku sezóny odlišují pouze hodnoty parametru mean amplitude. Míru svalové aktivity pro sval m. gastrocnemius medialis má vyšší kategorie U 13. Míra aktivity m. biceps femoris je naopak vyšší u kategorie U 15 a m. semitendinosus má opět aktivnější kategorie U 13 (viz Tabulka 7). Všechny průměrné hodnoty jsou ze začátku sezóny. Rozdíly nejsou příliš výrazné a ostatní parametry jsou u obou kategorií obdobné.

Tabulka 7. Porovnání průměrných hodnot parametru mean amplitude na začátku soutěžní sezóny pro kategorii U 13 a U15

	U 13	U 15
Mean amplitude GM	48,26	40,32
Mean amplitude BF	29,95	32,97
Mean amplitude ST	24,19	29,36

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, mean amplitude = průměr amplitudy, U 13 = kategorie U 13, U 15 = kategorie U 15

5.3 Výzkumná otázka 3 (VO3)

VO3: Jaký je rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK mezi hráčkami v kategorii U 13 a v kategorii U 15 na konci sezóny?

Tabulka 8. Mann – Whitney U test – výsledky porovnání kategorie U 13 a U 15 na konci sezóny.

Proměnná	p-hodnota
Čas GM	0,545701
Mean amplitude GM	0,190251
MF GM	0,436281
Čas BF	0,604813
Mean amplitude BF	0,190251
MF BF	0,666475
Čas ST	0,545701
Mean amplitude ST	0,386508
MF ST	0,113492

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba dosažení vrcholu (peak) amplitudy, mean amplitude = průměr amplitudy, MF = mean frequency (průměrná frekvence), p = hladina statistické významnosti. Významný statistický rozdíl je na hladině $p < 0,05$.

Třetí výzkumná otázka se zabývala posouzením, jaký je rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK na konci sezóny mezi hráčkami ve dvou měřených kategoriích. Žádný měřený parametr nenabyl hodnot statistické významnosti. Na výzkumnou otázku lze tedy odpovědět, že mezi hráčkami v kategorii U 13

a hráčkami v kategorii U 15 není v aktivitě flexorů KOK žádný statisticky významný rozdíl.

Průměrné hodnoty parametru mean amplitude se mezi jednotlivými kategoriemi liší, nelze ale obecně říct, že jedna kategorie má míru svalové aktivity vyšší a druhá nižší. Každý sval má totiž tento rozdíl jiný. U svalů m. biceps femoris a m. semitendinosus má průměrné hodnoty mean amplitude vyšší kategorie U 15. Průměrnou hodnotu pro m. gastrocnemius má ale výrazně vyšší naopak kategorie U 13 (viz Tabulka 9.). Další lišící se průměrnou hodnotou byl čas dosažení peaku u m. semitendinosus. Průměrný čas pro kategorii U 13 byl 0,20, průměrný čas pro kategorii U 15 byl 0,18. Peaku tedy o něco rychleji dosáhne m. semitendinosus v kategorii U 15, probandky této kategorie mají tedy na konci sezóny 2016/2017 mírně lepší výbušnost a intramuskulární koordinaci tohoto svalu.

Tabulka 9. Porovnání průměrných hodnot parametru mean amplitude na konci soutěžní sezóny pro kategorii U 13 a U15

	U 13	U 15
Mean amplitude GM	113,77	44,16
Mean amplitude BF	19,91	31,11
Mean amplitude ST	17,69	23,09

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, mean amplitude = průměr amplitudy, U 13 = kategorie U 13, U 15 = kategorie U 15

6 DISKUZE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit svalovou aktivitu flexorů kolenního kloubu pomocí parametrů mean frequency a mean amplitude prostřednictvím poly-EMG u hráček házené ve věku 13 až 15 let v průběhu sezóny, respektive na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018.

Házená je jedním z rozšířených a oblíbených míčových sportů, atraktivním pro relativní jednoduchost hry, co se pravidel a pochopení týče. Proto jde o sport, kterému se věnuje velký počet sportovců včetně adolescentů.

Ovšem jde také o sport vysoce rizikový, co se výskytu úrazů týče. Dle studie Henkeho, Luiga a Schulze (2014) se jedná dokonce o nejvíce rizikový míčový sport u žen.

Tato vysoká míra rizika úrazů má hned několik důvodů. Asi nejvýznamnějším důvodem je vysoká míra kontaktu hráčů při hře. Luig a Henke (2011) ve svém výzkumu uvádí, že nejčastější situací, která vede ke zranění je kontakt s jiným hráčem, konkrétně v 36,8 % případů u mužů a v 34,6 % případů u žen. Z nekontaktních situací vedoucí ke vzniku úrazů jsou nejrizikovější výskoky a dopady (24,2% muži, 25% ženy). Následuje riziko při běhu, při náhlých změnách pohybu případně při klamných pohybech (12,6 % muži, 15,4% ženy). Pak jsou v pořadí pády a další nezařaditelné situace. Celkově tedy dochází ke zranění v nekontaktních situacích z 63,2 % u mužů a z 65,4 % u žen.

Samotná hra bývá velmi proměnlivá. Hráčky musí často střídat rychlé sprinty i úplné zastavení, v házené dochází také k častým výskokům, změnám směru pohybu i změnám rychlostí. Tato charakteristická vlastnost hry zase určuje poměrně velké nároky na svalový i kloubní aparát hráčů.

Úrazy i funkční poruchy kloubů a svalů jsou ve sportu samozřejmě nežádoucí, tím spíše, pokud se jedná o hráče ve vyšších soutěžích, jelikož tam hrají roli také finance a celková kariéra jedince. Je daleko výhodnější, pro samotné sportovce, pro trenéry i kluby úrazům a funkčním poruchám pohybové soustavy předcházet. Aby byla preventivní opatření efektivní, je potřeba znát fyziologické principy pohybu, pravidla regenerace, je potřeba

předcházet vzniku únavy. Čím více poznatků a informací bude k dispozici, tím lépe bude možné porozumět fungování těla v zátěži a také předcházet úrazům a přetěžování. Hodnocení svalové aktivity u házenkářek v různých obdobích sezóny je jednou z informací, díky které bude možné zase o něco lépe nastavit tréninkové plány hráček, určit míru únavy a tím také nutnost regenerace, pomůže nahlédnout do fungování svalů, ze kterých běžně vidíme až výsledek jejich aktivity.

Kolenní kloub bývá u hráčů a hráček házené jedním z nejzatěžovanějších a zároveň nejčastěji poraněným kloubem, ženy jsou k poranění kolenního kloubu v házené ještě více náchylnější než muži. V této práci se hodnotily svaly kolenního kloubu, které způsobují flexi. Jedná se o agonisty ACL, konkrétně se měřily svaly m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. gastrocnemius medialis.

Dle výzkumu Zebise et al. (2011) se ke konci házenkářského zápasu dostaví akutní únava hamstringů, která je spojená s jejich zhoršenou aktivitou. To vede k zvýšené nestabilitě kolenního kloubu a hrozí zde vysoké riziko poranění ACL (Zebise et al., 2011).

Zebise et al. provedli v roce 2013 další výzkum, do kterého zahrnuli házenkářky a fotbalistky. Vycházeli ze skutečnosti, že mediální hamstringy dokáží zabránit abdukci a zevní rotaci KOK v průběhu sportovního zatížení. Jejich trénink by měl být prevencí úrazů KOK. Cílem studie bylo prozkoumat rovnováhu aktivace mediálního a laterálního hamstringu (konkrétně m. biceps femoris a m. semitendinosus) v průběhu vybraných terapeutických cvičení. Z výsledků vyšlo, že existují cviky s dominancí m. semitendinosus (tzv. kettleball swing nebo rumunský mrtvý tah) a s dominancí m. biceps femoris (extenze kyčle a tzv. supine leg curl) a vytvořili názor, že například cvik kettleball swing by mohl pomoci zvýšit aktivitu m. semitendinosus během výbušných a silových pohybů, což by mohlo vést jako prevence poranění ACL. Je však nutné otestovat přenositelnost a účinnost tohoto cvičení v reálném čase v rámci zápasů (Zebise et al., 2013).

Měření svalové aktivity hamstringů je ve výzkumech zaměřených na sport a úrazy KOK častá. Výzkumy se snaží často aktivitu hamstringů spojit zejména

s poraněním ACL. Některé výzkumy měří kromě hamstringů také aktivitu m. quadriceps femoris, jelikož tento sval působí na ACL opačně, tedy svou aktivitou zvyšuje napětí ACL. Například výzkum, který měřil aktivitu hamstringů a m. quadriceps femoris při běhu na běžecím pásu zjistil, že u probandů, kteří měli v minulosti poranění ACL dochází v průběhu běhu ke konzistentnímu nárůstu aktivity hamstringů (m. biceps femoris a m. semitendinosus) a naopak k poklesu aktivity m. quadriceps femoris, pokud mají nasazenou kolenní ortézu, která by dle autorů měla mít kromě mechanické funkce také funkci proprioceptivní (Théoret & Lamontagne, 2006).

Zkoumání svalové aktivity hamstringů je tedy pro stabilizační funkci KOK podstatné a v rámci biomechanických funkcí KOK je jejich role relativně dobře popsána. Méně jasný je ale biomechanický efekt m. gastrocnemius medialis na KOK a vazivový aparát kolene, a proto je vhodné tento sval dále zkoumat, abychom jeho funkci lépe pochopili.

Výzkum, který měřil EMG kromě hamstringů a m. quadriceps femoris také u m. gastrocnemius se zabýval momentem dopadu z výskoku na obě DKK. Snažil se zjistit, jaký vliv má únava a pohlaví na neuromuskulární kontrolu KOK. Hamstringy i m. gastrocnemius měly s větší únavou sníženou aktivitu při dopadu. Autoři uvažují, že může mít tento pokles negativní vliv na ochranu ACL před poraněním, zmiňují ochrannou funkci m. gastrocnemius pro ACL (Gehring, Melnyk & Gollhofer, 2009).

Výzkumy se v této tezi ovšem dost odlišují a například Adouni, Shirazi-Adl & Marouane (2016) tvrdí, že gastrocnemius, přestože vykonává v KOK stejný pohyb jako hamstringy, má na ACL přesně opačný efekt, tedy zvyšuje jeho napětí a funguje jako jeho antagonist (Adouni, Shirazi-Adl & Marouane, 2016). A těchto výzkumů, lišících se v závěrech, jaký má m. gastrocnemius vliv na stabilizační funkci KOK je více (DeMont & Lephart, 2004).

Další zkoumání m. gastrocnemius nám tedy pomůže lépe pochopit, jaký vliv má na neuromuskulární řízení KOK a na jeho stabilitu.

Naše měření probíhalo při vertikálním výskoku s maximálním úsilím. Měřili jsme technikou SEMG tři konkrétní svaly – m. biceps femoris, m. semitendinosus

a m. gastrocnemius medialis a snažili jsme se zjistit jestli existují rozdíly ve svalové aktivitě na konci sezóny a na začátku sezóny následující, také jsme se zabývaly odlišnostmi mezi dvěma věkovými kategoriemi. Porovnávaly jsme tři konkrétní parametry – mean frequency, mean amplitude a čas dosažení peaku, tedy vrcholu amplitudy.

V rámci první otázky se tato diplomová práce snažila odpovědět, jestli je svalová aktivita flexorů KOK u jednotlivých hráček rozdílná na začátku sezóny 2017/2018 a na konci sezóny 2016/2017. Měření na konci sezóny probíhalo v květnu 2017, hráčky za sebou měly osmiměsíční soutěžní sezónu. V rámci této otázky jsme nedělali rozdíl mezi kategorií U 13 a U 15, ale byly porovnávány obě kategorie dohromady. Pracovalo se s počtem patnácti platných dat. Z výsledků vyšlo, že žádný parametr nenabyl statistické významnosti, nelze tedy říci, že by byla svalová aktivita na konci sezóny významně rozdílná než svalová aktivita na začátku sezóny.

Dalo by se očekávat, že se na konci sezóny objeví známky kumulativní únavy svalů, tedy menší hodnota parametru mean frequency. Průměrné hodnoty tohoto parametru byly na konci sezóny opravdu nižší než na začátku následující sezóny. Průměrná hodnota mean frequency na konci sezóny pro m. gastrocnemius medialis byla 0,65; pro m. biceps femoris 0,65 a pro m. semitendinosus 0,63. Na začátku následující sezóny došlo ke zvýšení průměrných hodnot u m. gastrocnemius medialis na 0,74; u m. biceps femoris na hodnotu 0,84 a u m. semitendinosus na 0,79. Nárůst těchto hodnot však nenabyl u žádného svalu statistické významnosti. Tento výsledek může poukazovat na vhodně vedené tréninky této skupiny probandek. Všechny totiž patří do stejného klubu. Kumulativní únava se nemusí projevit v případě vhodně vytvořeného tréninkového plánu, kde je dostatečný prostor také pro regeneraci. Dalším vysvětlením může být nízký věk účastnic (13-15 let) a rychlejší schopnosti regenerace a vyšší odolnost proti únavě.

Nejblíže se statistické významnosti dostal parametr mean amplitude pro m. semitendinosus ($p = 0,053$). Průměrná hodnota tohoto parametru byla na konci sezóny 20,39 a na začátku další sezóny stoupla na hodnotu 26,02.

Opět nešlo o statisticky významný rozdíl, přesto se statistické významnosti již velmi přiblížil.

Další rozdílné hodnoty se objevily u kategorie U 13. Na statistickou významnost se dostal parametr mean amplitud u m. biceps femoris ($p = 0,013$). Průměrná hodnota mean amplitude pro m. biceps femoris na konci sezóny pro kategorii U 13 měla hodnotu 19,91. Na začátku sezóny následující měl stejný parametr hodnotu 29,95. Na začátku sezóny má tedy m. biceps femoris vyšší míru svalové aktivity než na konci soutěžní sezóny, a to statisticky významnou.

Jako poslední bych chtěla k této výzkumné otázce zmínit průměrné hodnoty parametru čas pro sval m. gastrocnemius medialis, opět ve věkové kategorii U 13. Na konci sezóny byla průměrná hodnota tohoto parametru 0,15 a na začátku sezóny stoupla na 0,19. Statisticky opět nešlo o významnou hladinu nárustu této hodnoty ($p = 0,069$), statistické významnosti se ale tento údaj na rozdíl od dalších parametrů přiblížil. Na začátku sezóny mohly mít hráčky házené horší schopnosti výbušné síly a horší intramuskulární koordinaci. Tuto tezi nemůžeme v této diplomové práci potvrdit, velikost testovaného souboru nebyla dost velká a statistická významnost nám nevyšla.

V druhé výzkumné otázce jsme se zabývali porovnáváním dvou věkových kategorií. Odpovídali jsme si na otázku, zda existuje rozdíl ve svalové aktivitě měřených svalů mezi hráčkami v kategorii U 13 a U 15 a to v období na začátku sezóny. Žádný z měřených parametrů nenabyl statistické významnosti. Naměřené hodnoty byly dost obdobné a lze konstatovat, že mezi hráčkami v kategorii U 13 a U 15 není rozdíl ve svalové aktivitě na začátku soutěžní sezóny. Hráčky obou kategorií jsou si věkově blízké, každá dívka navíc dospívá v trochu jiném věku, nemůžeme tedy ani zhodnotit, jaké má dospívání vliv na svalovou aktivitu konkrétních svalů.

Mírné rozdíly v průměrných hodnotách se objevily pouze u parametru mean amplitude, rozdíly ovšem není možné zobecnit a vyvodit z nich nějaký závěr, spíš jde o drobné niance. Mean amplitud pro m. gastrocnemius medialis má vyšší kategorie U 13. Stejný parametr pro sval m. biceps femoris má ale vyšší kategorie U 15. M semitendinosus má vyšší parametr mean amplitude opět kategorie U 13. Tyto rozdíly jsou navíc statisticky velmi nevýznamné.

Poslední výzkumná otázka se týkala opět rozdílu v rozdílu ve svalové aktivitě flexorů KOK mezi hráčkami v kategorii U 13 a U 15, ale na konci soutěžní sezóny. Ani tady nenabyl žádný parametr statistické významnosti, a i v této otázce můžeme konstatovat, že mezi hráčkami v kategorii U 13 a U 15 není rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK. Důvod může být stejný, jak jsem zmiňovala u druhé otázky, tedy malý věkový rozdíl mezi jednotlivými kategoriemi. Například první menstruace začíná u dívek ve věku 13-15 let, přesně v tomto věkovém rozmezí jsou i dvě měřené kategorie. Dalším faktorem může být malý testovaný vzorek.

I na konci sezóny mají probandky naměřené hodnoty obdobné pro kategorii U 13 a U 15. Mírně lišící se byl parametr času m. semitendinosus. Pro kategorii U 13 měl hodnotu 0,20 a pro kategorii U 15 hodnotu 0,18. Vrcholu amplitudy dosáhne tedy m. semitendinosus rychleji u dívek v kategorii U 15, házenkářky v této kategorii tedy disponují lepší výbušnou silou a intramuskulární koordinací. Dál se nejvíce liší parametr mean amplitude. Kategorie U 15 má vyšší parametr mean amplitude pro sval m. biceps femoris a m. semitendinosus, průměrnou hodnotu pro m. gastrocnemius má ale výrazně vyšší naopak kategorie U 13. Tato hodnota se ale lišila velmi výrazně. Pro kategorii U 13 měl parametr mean amplitude průměrnou hodnotu 113,77, pro kategorii U 15 měl ten samý parametr hodnotu 44,16. U dívek v kategorii U 13 má tedy m. gastrocnemius medialis velmi vysokou míru svalové aktivity na konci soutěžní sezóny. Protože se v rámci této diplomové práce statisticky nezpracovávaly rozdíly hodnot konkrétních svalů na konci sezóny mezi kategorií U 13 a U 15, nevíme, jakou má tento rozdíl statistickou významnost. Dle Gehringa, Melnyka & Gollhofer (2009) by měla mít vyšší aktivita m. gastrocnemius ochrannou funkci pro ACL, vyšší aktivita by tedy měla riziko poranění konkrétně tohoto vazy spíše eliminovat. Adouni, Shirazi-Adl & Marouane (2016) ovšem naopak tvrdí, že vyšší aktivita m. gastrocnemius medialis zvyšuje napětí ACL a tím navyšuje riziko zranění KOK. V kategorii U 13 i v kategorii U 15 došlo na začátku sezóny k poklesu hodnoty mean amplitude pro tento sval, na konci sezóny, kdy byla očekávána známka kumulativní únavy jsou hodnoty vyšší. Je tedy možné, že tato vysoká hodnota mean amplitude může být známkou kumulativní únavy a dle Adouniho et al. by vysoká hodnota parametru

mean amplitude pro m. gastrocnemius medialis zvyšovala riziko zranění. Protože se ale výzkumy ohledně tohoto svalu tak odlišují, bylo by vhodné tento sval dál podrobně zkoumat a měřit jeho aktivitu v souvislosti s kumulativní únavou a rizikem úrazů, abychom mohli lépe porozumět jeho funkci na biomechaniku a řízení KOK, a významu tohoto nárustu hodnot v rámci parametru mean amplitude.

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se snažila zhodnotit aktivitu flexorů KOK u hráček házené v žákovských kategoriích v různých obdobích soutěžní sezóny, a to konkrétně na jejím konci a dalším začátku. V této diplomové práci se povedlo odpovědět na tři výzkumné otázky:

Není rozdíl ve svalové aktivitě na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018, pokud hodnotíme všechny hráčky dohromady. Průměrná hodnota mean frequency byla sice na konci sezóny nižší než na začátku nové sezóny, což by mohlo znamenat svalovou únavu na koci soutěžní sezóny, rozdíl ale nebyl dost velký pro statistickou významnost. Na začátku sezóny stoupla míra aktivace svalu m. semitendinosus, tento rozdíl se velmi přiblížil statistické významnosti, ale nedosáhl jí. Statistické významnosti dosáhl sval m. biceps femoris, pouze ale u kategorie U 13. Na začátku sezóny měl tento sval statisticky významně vyšší míru svalové aktivity. M gastrocnemius medialis měl na konci sezóny menší hodnotu parametru čas, byl tedy schopný dosáhnout dříve peaku, což značí lepší výbušnou sílu a intramuskulární koordinaci, ale opět se nejednalo o statisticky významný rozdíl.

Mezi věkovými kategoriemi U 13 a U 15 neexistuje rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK na začátku sezóny. Mírné rozdíly mezi kategoriemi se objevily pouze u parametru mean amplitud, ale statisticky velmi nevýznamné a bez možnosti vyvodit z těchto hodnot nějaké závěry. Naopak, všechny naměřené parametry a jejich průměrné hodnoty jsou mezi kategoriemi velmi obdobné.

Mezi věkovými kategoriemi U 13 a U 15 neexistuje rozdíl ve svalové aktivitě flexorů KOK ani na konci sezóny. Mírně se odlišovala hodnota parametru čas pro m. semitendinosus. Peaku dosáhne rychleji tento sval u hráček v kategorii U 15. Tento údaj svědčí o lepší výbušné síle a intramuskulární koordinaci tohoto svalu. Velmi výrazně se lišil parametr mean amplitude svalu m. gastrocnemius medialis. Tento sval měl průměrné hodnoty parametru na konci sezóny výrazně vyšší v kategorii U 13. Na konci soutěžní sezóny má tedy m. gastrocnemius medialis výrazně vyšší míru aktivity.

V této diplomové práci se nám podařilo odpovědět na výzkumné otázky. Podařilo se zhodnotit svalovou aktivitu flexorů KOK u hráčů házené, cíl práce byl tudíž splněn. Statistická významnost nám vyšla pouze u jednoho porovnávaného parametru, konkrétně v kategorii U 13 byl statisticky významný rozdíl parametru mean amplitude pro sval m. biceps femoris mezi koncem a začátkem soutěžní sezóny.

8 SOUHRN

Tato diplomová práce hodnotí svalovou aktivitu flexorů kolenního kloubu. K hodnocení využívá parametry mean frequency a mean amplitude prostřednictvím poly-EMG. Testovaný soubor byl složen z hráček házené ve věku 13 až 15 let. Svalová aktivita byla hodnocena na konci soutěžní sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018.

Výzkumný soubor tvořily hráčky házené z Olomouce. Testovaný soubor čítal na konci sezóny 9 hráček a na začátku sezóny 12 hráček z kategorie U 15, pro kategorii U 13 měl testovaný soubor 9 probandek na konci sezóny a 22 probandek na začátku následující sezóny.

V teoretické části je přiblížena házená, míra zatížení pohybové soustavy při hře, úrazovost v tomto sportu. Zmíněny jsou anatomické poznámky. Dále je zde popsána biomechanika vertikálního výskoku, který probandky prováděly při měření. Je zde poukázáno na některé aspekty pohybové aktivity v dětském věku, popisujeme si zde únavu a její vliv na neuromuskulární řízení. Jsou zde popsány principy regenerace. Další kapitola se zabývá SEMG signály a jak jsou naměřené signály dále zpracovávány pro možnost jejich interpretace. Poslední kapitola se odkazuje na vybrané odborné výzkumy, které se zaměřovaly na hráčky a hráče házené a na svalovou únavu, která se projevovala v zápasech a po nich, případně se zabývaly vlivem míry svalové aktivity na úrazy kolenního kloubu.

V praktické části je porovnávána svalová aktivita m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus pomocí SEMG, k porovnávání slouží parametry mean amplitude a mean frequency, zmiňujeme také parametr času.

Z výsledků vyplývá, že mezi kategoriemi U 13 a U 15 není aktivita flexorů rozdílná, a to ani na konci sezóny, ani na začátku následující sezóny. Rozdíl není ani ve svalové aktivitě mezi koncem sezóny a začátkem sezóny, i když je hodnota mean frequency na konci sezóny nižší u všech svalů, což by mohlo značit kumulativní únavu, rozdíl však nenabyl statistického významu. Statisticky

významná je v kategorii U13 větší průměrná hodnota parametru mean amplitude na začátku sezóny, tedy větší míra svalové aktivity u m. biceps femoris.

9 SUMMARY

The aim of this diploma thesis is to evaluate muscle activity of knee joint flexors using mean frequency and mean amplitude measured by poly-EMG. The test group consisted of female handball players aged 13 to 15 years. The muscle activity was measured at the end of the 2016/2017 season and at the beginning of the 2017/2018 season.

The test group consisted of female handball players from the Olomouc sport club DHK Zora. There were 9 test subjects at the end of the season and 12 at the beginning of the next season from the U 15 category, and 9 test subjects at the end of the season and 22 at the beginning of the next season from the U 13 category.

The theoretical part describes handball as a sport and focuses on the level of strain to the musculoskeletal system during the game as well as the injury rate in this sport. Anatomical observations are mentioned. There is also a description of the biomechanics of a vertical jump performed by the players during the tests. Furthermore, certain aspects of physical activity in childhood are mentioned. Among other described topics are for example fatigue and its influence on neuromuscular management or the principles of regeneration. The next chapter deals with SEMG signals and how the measured signals are further processed in order to be interpreted. The last chapter refers to selected professional research that was focused on handball players, both female and male, and on muscle fatigue that manifested in and after matches, or dealt with the effect of muscle activity on knee joint injuries.

The practical part compares the muscle activity of *m. gastrocnemius medialis*, *m. biceps femoris* and *m. semitendinosus* measured by SEMG; the comparison is based on mean amplitude and mean frequency, while the aspect of time is mentioned as well.

The results showed no difference in flexor activity between the categories, neither at the end of the season nor at the beginning of the following season. There is no difference in muscle activity between the end of the season and the beginning of the season, although the mean frequency

at the end of the season is lower for all muscles, which could indicate cumulative fatigue. The difference, however, cannot be considered statistically significant. Statistically significant, on the other hand, is the higher average mean amplitude in the U 13 category at the beginning of the season, i.e. greater rate of muscle activity of *m. biceps femoris*.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Adouni, M., Shirazi-Adl, A., & Marouane, H. (2016). Role of gastrocnemius activation in knee joint biomechanics: gastrocnemius acts as an ACL antagonist [Abstract]. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 19(4), 376-385.
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Maxdorf.
- Bricout, V. A. (2017). Translation and linguistic validation of an English version of the Questionnaire of Fatigue for Sport Children'QFSC'. *Physiology & behavior*, 171, 55.
- Čihák, R., & Grim, M. (c2001). *Anatomie* (2., upr. a dopl. vyd). Praha: Grada.
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, 13(2), 135-163.
- DeMont, R. G., & Lephart, S. M. (2004). Effect of sex on preactivation of the gastrocnemius and hamstring muscles. *British journal of sports medicine*, 38(2), 120-124.
- Dimon, T. (2017). *Anatomie těla v pohybu: základní kurz anatomie kostí, svalů a kloubů* (Druhé, revidované vydání). Praha: Euromedia.
- Dupalová, D., & Zaatar, A. M. Z. (2015). Problematika použití povrchové elektromyografie-poznámky k vybraným aspektům aplikace v léčebné rehabilitaci. *Rehabilitation & Physical Medicine/Rehabilitace a Fyzikální Lekarství*, 22(1).
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Grada Publishing as.

- Gehring, D., Melnyk, M., & Gollhofer, A. (2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical biomechanics*, 24(1), 82-87.
- Guyot, J. (2013). *Atlas of human limb joints*. Springer Science & Business Media.
- Havlíčková, L. (1993). Fyziologie tělesné zátěže II: speciální část. Díl 1. Praha: Univerzita Karlova.
- Henke, T., Luig, P., & Schulz, D. (2014). Sports injuries in German club sports, Aspects of epidemiology and prevention. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 57(6), 628-637.
- Káral, J., Kolář, P., Korbelař, P., Noble, C., Otáhal, S., Dylevský, I., & Kučera, M. (1997). *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada.
- Kalman, M., Sigmund, E., Sigmundová, D., Hamřík, Z., Beneš, L., Benešová, D., & Csémy, L. (2011). Národní zpráva o zdraví a životním stylu dětí a školáků. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kapounková, K. (2008). Regenerace ve sportu. Studijní text. Brno: FSpS MU.
- Koniar, M., & Leško, M. (1986). *Biomechanika*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- Konrad, P. (2005). The abc of emg. *A practical introduction to kinesiological electromyography*, 1, 30-35.
- Konrad, P. (2006). The ABC of EMG (Vol. version 1.4). Scottsdale: Noraxon USA.
- Krobot, A., & Kolářová, B. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Luig, P., & Henke, T. (2011). Safety in Sports: Safety Management Schemes in Handball-Implementation and Testing. Ruhr-University Bochum, 9-10.

- Máček, M., & Radvanský, J. (c2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Máček, M., & Vávra, J. (1980). *Fysiologie a patofysiologie tělesné zátěže*. Praha: Avicenum.
- Matoušek, J. (1995). *Teorie a didaktika házené*. Brno: Masarykova univerzita.
- Mclean, S. G., & Samorezov, J. E. (2009). Fatigue-induced ACL injury risk stems from a degradation in central control. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(8), 1661-1672.
- Nýdrle, M., & Veselá, H. (1992). Jedna kapitola ze speciální rehabilitace. Poranění kolenního kloubu. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Ondřej, O. (1987). *Rekreační sport*. Praha: Olympia.
- Panics, G., Tallay, A., Pavlik, A., & Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British journal of sports medicine*, 42(6), 472-476.
- Panics, G., Tallay, A., Pavlik, A., & Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British journal of sports medicine*, 42(6), 472-476.
- Pastucha, D., Malinčíková, J., & Tichá, R. (2010). Rizika sportovní aktivity v dětském věku. *Pediatr praxi*, 11(4), 251-254.
- Reiser II, R. F., Rocheford, E. C., & Armstrong, C. J. (2006). Building a better understanding of basic mechanical principles through analysis of the vertical jump. *Strength and Conditioning Journal*, 28(4), 70.
- Rokyta, R. (2016). *Fyziologie* (Třetí, přepracované vydání). Praha: Galén.

- Rousanoglou, E. N., Barzouka, K. G., & Boudolos, K. D. (2013). Seasonal changes of jumping performance and knee muscle strength in under-19 women volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 1108-1117.
- Sethana, S., Kumari, V. S., & Madhavi, K. (2014). THE EFFECTIVENESS OF EMG BIOFEEDBACK ON HAND FUNCTION IN SUBJECTS WITH STROKE. *International Journal of Physiotherapy*, 1(4), 178-186.
- Sigmund, E., Badura, P., Sigmundová, D., Voráčková, J., Zaccal, J., Kalman, M., ... & Hamrik, Z. (2018). Trends and correlates of overweight/obesity in Czech adolescents in relation to family socioeconomic status over a 12-year study period (2002–2014). *BMC public health*, 18(1), 122.
- Théoret, D., & Lamontagne, M. (2006). Study on three-dimensional kinematics and electromyography of ACL deficient knee participants wearing a functional knee brace during running. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(6), 555-563.
- 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. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 462-472.
- Tillman, M. D., Hass, C. J., Brunt, D., & Bennett, G. R. (2004). Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 3(1), 30.
- Tůma, M., & Tkadlec, J. (2002). Házená. Praha: Olympia

- Wagner, H., Orwat, M., Hinz, M., Pfusterschmied, J., Bacharach, D. W., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2016). Testing game-based performance in team-handball. *Journal of strength and conditioning research*, 30(10), 2794-2801.
- Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Alkjaer, T., Suetta, C., Mortensen, P., ... & Aagaard, P. (2011). Acute fatigue impairs neuromuscular activity of anterior cruciate ligament-agonist muscles in female team handball players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(6), 833-840.
- Zebis, M. K., Skotte, J., Andersen, C. H., Mortensen, P., Petersen, H. H., Viskær, T. C., ... & Andersen, L. L. (2013). Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. *Br J Sports Med*, 47(18), 1192-1198.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření Etické komise FTK UP



Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUČ

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
Mgr. Ondřej Jeřmá, 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.

razítko fakulty

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

Příloha 2. Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie

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

Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie

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

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

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