

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

**HODNOCENÍ AKTIVITY FLEXORŮ KOLENNÍHO KLOUBU
POMOCÍ POVRCHOVÉ ELEKTROMYOGRAFIE
PŘI OPAKOVANÉM MĚŘENÍ VERTIKÁLNÍCH VÝSKOKŮ
U MLADÝCH BASKETBALISTŮ**

Diplomová práce
(magisterská)

Autorka: Bc. Lenka Sováková, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Amr Zaatar, Ph.D.

Olomouc 2019

Jméno a příjmení autorky: Bc. Lenka Sováková

Název diplomové práce: Hodnocení aktivity flexorů kolenního kloubu pomocí povrchové elektromyografie při opakovaném měření vertikálních výskoků u mladých basketbalistů

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2019

Abstrakt: Jedním z nejčastějších zranění při basketbalu je poranění kolenního kloubu. Cílem studie je porovnat rozdíly v aktivaci vybraných flexorů kolenního kloubu při vertikálním výskoku v průběhu sezóny. Výzkumu se účastnili hráči basketbalu žákovských kategorií U13 a U15, kteří hrají v nejvyšších soutěžích dané věkové kategorie. Celkem výzkumný soubor čítal 45 probandů. Měření bylo prováděno na konci soutěžní sezóny a začátku následující sezóny. Aktivita svalů byla měřena pomocí povrchové elektromyografie (přístroji NORAXON - MYOSYSTEM 1400A a Noraxon TeleMyo 2400 G2) z m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. gastrocnemius medialis preferované končetiny při vertikálním výskoku. U sledovaných basketbalistů skupiny U15 jsme zaznamenali rozdíl ve svalové aktivitě m. semitendinosus mezi koncem a začátkem sezóny, kdy nižší hodnoty mean frekvence na konci sezóny vykazují známky únavy. U skupiny U13 byl statisticky významný rozdíl ve svalové aktivitě m. gastrocnemius medialis. Rozdíl ve svalové aktivitě mezi sledovanými skupinami byl pouze na začátku sezóny, u skupiny U 15 byla vyšší míra svalové aktivity u m. semitendinosus.

Klíčová slova: basketbal, svalová aktivita, vertikální výskok, dynamické stabilizátory kolenního kloubu, únava

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Lenka Sováková

Title of the master thesis: Assessment of the flexor activity of the knee joint by means of surface electromyography during repeated measurements of vertical jumps in youth basketball players

Department: Department of Physiotherapy

Supervisor: Mgr. Amr Zaatra, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract: One of the most frequent injuries occurring while playing basketball is a knee injury. The objective of the study is to compare differences in the activation of selected flexors of the knee joint during a vertical jump over the course of a season. Basketball players from youth categories (U13 and U15) playing in the highest leagues of the mentioned age categories participated in the research. In total, there were 45 probands in the research set. The measuring was carried out at the end of one competition season and at the beginning of the following season. Muscle activity was measured by means of surface electromyography (with the devices NORAXON - MYOSYSTEM 1400A and NORAXON TeleMyo 2400 G2) from m. biceps femoris, m. semitendinosus and m. gastrocnemius medialis of the preferential leg during a vertical jump. In the monitored basketball players of the U15 group, we registered a difference in the muscle activity of m. semitendinosus between the end and the beginning of a season – the lower values of the mean frequency at the end of a season show signs of fatigue. In the U13 group, a statistically significant difference was in the muscle activity of m. gastrocnemius medialis. A difference in the muscle activity between the monitored groups was only at the beginning of a season – in the U15 group, there was a higher degree of the muscle activity of m. semitendinosus.

Keywords: basketball, muscle activity, squat jump, knee dynamic stabilization, fatigue

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

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

V Olomouci dne

.....

Děkuji Mgr. Amru Zaatarovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala RNDr. Milanu Elfmarkovi za statistické zpracování dat. Diplomová práce vznikla za podpory projektu grantové agentury ČR 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.....	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ.....	11
2.1 Basketbal a pohybové schopnosti.....	11
2.1.1 Charakteristika hry a hráče basketbalu.....	11
2.1.3 Tréninkový cyklus.....	12
2.1.4 Rizikové faktory a zranění.....	12
2.1.5 Vertikální skok.....	15
2.1.5.1 Kineziologie a biomechanika.....	16
2.1.5.2 Aktivace svalů.....	17
2.1.5.3 Fáze vertikálního skoku.....	20
2.1.5.3.1 Přípravná fáze.....	20
2.1.5.3.2 Fáze odrazu.....	20
2.1.5.3.3 Fáze bezoporová.....	21
2.1.5.3.4 Fáze dopadu.....	21
2.2 Kolenní kloub.....	22
2.2.1 Statické stabilizátory kolenního kloubu.....	22
2.2.2 Dynamické stabilizátory kolenního kloubu.....	22
2.2.3 Neuromuskulární kontrola kloubu.....	23
2.3 Povrchová elektromyografie.....	25
2.3.1 Fyziologie svalové kontrakce.....	25
2.3.2 Podstata bipolárního snímání.....	25
2.3.3 Hodnocení EMG signálu.....	26
2.3.4 Zásady měření.....	29
2.3.5 Únava.....	29
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	33

3.1 Hlavní cíl.....	33
3.2 Dílčí cíl.....	33
3.3 Výzkumné otázky.....	33
4 METODIKA.....	34
4.1 Charakteristika výzkumného souboru.....	34
4.2 Technické parametry.....	35
4.3 Průběh měření.....	36
4.4 Metodika vyhodnocování výsledků.....	36
4.4.1 Analýza EMG záznamu.....	36
4.4.2 Statistické zpracování dat.....	37
5 VÝSLEDKY.....	38
5.1 Výzkumná otázka 1 (VO1).....	38
5.2 Výzkumná otázka 2 (VO2).....	41
5.3 Výzkumná otázka 3 (VO3).....	43
5.4 Výzkumná otázka 4 (VO4).....	44
6 DISKUZE.....	46
7 ZÁVĚR.....	52
8 SOUHRN.....	54
9 SUMMARY.....	55
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	56
11 PŘÍLOHY.....	62

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

SEMG – surface electromyography – povrchové polyelektromyografie

EMG – elektromyografie

AP – akční potenciál

CMJ – countermovement jump

SJ – squat jump

ms – milisekunda

m. – musculus

MJ – motorická jednotka

COM – center fo mass

DVJ – drop vertikal jump

U15 – věková kategorie do 15 let

U13 – věková kategorie do 13 let

VO – výzkumná otázka

1 ÚVOD

Basketbal patří mezi nejrozšířenější týmové sporty na světě. Vzhledem k povaze hry, neustále se zvyšující náročnosti a pro úspěch ve hře, je až 70 % všech herních manévřů provedeno ve výskoku (Struzik, Pietraszewski & Zawadzki, 2014). Při vertikálním skoku je na kolenní kloub vyvinuta síla rovna až čtyřnásobku tělesné hmotnosti sportovce. Proto musí neuromuskulární systém být schopen udržet plnou kontrolu nad prováděným pohybem a sportovec musí mít ideální nastavení tělesných segmentů. Není-li tomu tak, dochází k nedostatečné absorpci a nefyziologickému zatížení kloubu, následně k jeho strukturálnímu poškození (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012).

Výška skoku je ovlivněna antropometrickými, psychickými, fyziologickými a biomechanickými faktory. Mezi důležité biomechanické a kineziologické faktory vertikálního skoku řadíme uspořádání segmentů těla při odrazu, koordinaci svalů, stabilizaci trupu a polohu těžiště (Sharma, Gandhi, Meitei, Dvivedi, & Dvivedi, 2017).

Riziko vzniku poranění zahrnuje několik faktorů – záleží zejména na aktuální neuromuskulární kondici, náchylnosti k únavě a schopnostech využití náhradních mechanismů. Díky schopnosti adaptace dochází k minimalizaci a oddálení únavy (Gandevia, 2001; Minshull, Eston, Rees & Gleeson, 2012).

V diplomové práci se zabývám hodnocením svalové aktivity vybraných flexorů kolenního kloubu (musculus (m.) gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus) při vertikálním výskoku pomocí povrchové polyelektromyografie (SEMG). Pro úspěšnost hráče v soutěži je vedle explozivní síly dolních končetin důležité zrychlení a produkce explozivní síly nejen ve vertikální rovině, ale i v horizontální a propojení těchto celků s dalšími herními dovednostmi. Vzhledem k délce samotných utkání a náročnému rozložení celé sezóny, se aktuální výkonnost jedince a schopnost jeho neuromuskulární kontroly neustále mění (Dal Pupo, Dias, Hheller, Detanico & Santos, 2013; Hank, Zahálka, & Malý, 2012).

Měření svalové aktivity proběhlo na konci sezóny 2016-2017 a na začátku další soutěžní sezóny 2017-2018 u mladých basketbalistů ve věku 13 a 15 let.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Basketbal a pohybové schopnosti

2.1.1 Charakteristika hry a hráče basketbalu

Basketbal je týmová míčová hra, která vyžaduje rychlé reakce v obraně a útoku, dobrou technickou a fyzickou připravenost. Vysoké nároky na fyzickou kondici hráče jsou dány intermitentním charakterem hry, kdy v déletrvajícím aerobní aktivitě s nižší intenzitou je hráč nucen vyvinout sub-maximální až maximální úsilí. V rámci hry je zapotřebí přizpůsobovat a měnit tempo běhu, zrychlit na maximální možnou rychlost, pohotově měnit směr, vyskočit, otočit se, orientovat se v poli, udržovat neustále rovnováhu a pracovat precizně s míčem. Zvládnutí techniky hry jako je dribling, střelba, přihrávka atd. je samozřejmě nedílnou součástí. Realizace těchto dovedností v průběhu zápasu a celého tréninku je závislá na celkové kondici hráče. Při nedostatečné kondiční připravenosti jedince se projeví v rychlejší únavě a snížené kvalitě herních dovedností (Salatkaitė et al., 2016; Velenský, 1999; Lehnert et al, 2014).

Hošková (2003) uvádí, že hráči basketbalu by měli mít velkou vitální kapacitu plic, vyšší vzrůst a dobrou silovou připravenost. Pro úspěch v utkání je podstatný právě anaerobní výkon hráče, rychlost lokomoce a explozivní síla dolních končetin (Lehnert et al., 2014).

Vzhledem k povaze hry a neustále se zvyšující náročnosti a efektivnosti až 70 % všech herních manévřů, pro získání bodu, je provedeno ve výskoku. Hráč se snaží uvolnit míč v co nejvyšším bodě, aby nebyl sražen obranou protihráče. Proto musí být tento pohyb plně automatizován za jakýchkoli vnějších podmínek. Vnitřní faktory jako výška hráče, výška skoku a uspořádání tělesných segmentů hraje významnou roli. Aby hráč uspěl proti soupeřově obraně musí provést výstřel v co nejvyšším možném bodě jeho výskoku, kterého docílí optimálně v co nejkratším čase (Struzik, Pietraszewski & Zawadzki, 2014). Výška skoku je ovlivněna antropometrickými, fyziologickými a biomechanickými faktory, avšak kromě těchto faktorů má zásadní vliv i motivace a osobnostní rysy sportovce (Sharma, Gandhi, Meitei, Dvivedi, & Dvivedi, 2017).

2.1.3 Tréninkový cyklus

Tato kolektivní hra má hlavní roční období šest až osm měsíců. Hustota a počet utkání je závislé na typu soutěže, nebo zda se daný klub, družstvo či jedinec neúčastní více soutěží. Počet utkání je zhruba jedno až dvě utkání týdně. Sezóna probíhá téměř nepřetržitě, krátké přestávky jsou v období Vánoc, před play-off, případně při reprezentačních akcích. Reprezentační povinnosti nebo některé zápasy se týkají pouze některých hráčů, někteří hráči mohou být nasazováni v soutěži s věkově staršími kolegy. Je obtížné definovat vrchol sezóny, většinou se jedná o období března nebo dubna, kdy se začíná hrát play-off. Vzhledem k délce sezóny je obtížné udržet vysokou sportovní formu hráčů (Dobry & Velenský, 1980; Gajdošová, 2012). Willmannová (2017) ve své práci uvádí nárůst hodnot nejvyššího peaku (maximálních hodnot) měřených svalů v polovině sezóny u mladých basketbalistů, z čehož usuzuje celkové zlepšení výkonnosti probandů v tomto období.

2.1.4 Rizikové faktory a zranění

Existují dvě skupiny rizikových faktorů podílejících se na vzniku zranění – interní a externí. Hlavními vnitřními faktory jsou věk, pohlaví, tělesná konstituce, zdravotní stav, fyzická kondice, úroveň sportovních dovedností. Dalšími vnitřními rizikovými faktory jsou psychické rysy sportovce, jako motivace, agresivita, vnímání rizikových situací a ochota přijímat riziko. Vnější rizikové faktory jsou spojeny s typem, intenzitou a četností tréninkových jednotek, zahřátím před sportovním výkonem, počasím, sportovním vybavením a typem povrchu sportovní plochy (Madžar, Milošević, Hrabač & Heningsberg, 2017; van Beijsterveldt et al., 2012).

Rozzi, Lephart a Freddie (1999) prokázali ve své studii, že v důsledku svalové únavy dochází k poklesu propriocepce. Změna neuromuskulárního řízení má vliv na předaktivaci svalu a kompenzační strategie, což zvyšuje riziko vzniku zranění u obou pohlaví. Naopak nedochází ke změně laxicity vaziva.

Pro konkurenci schopnost a úspěch v basketbalu jsou kladeny na dospívající sportovce vysoké nároky, kdy musí absolvovat mnoho dlouhotrvajících a intenzivních tréninků. Vysoké tréninkové dávky se dle Yanga, Marshalla a Bowlinga (2005) projevují zvýšeným rizikem traumatických poškození a zranění z přetížení. Studie (Akinbo, Odebiyi & Adebayo, 2008), která se zaměřovala na

výskyt a typ zranění u profesionálních basketbalistů v Nigérii ukázala, že výskyt je 0,7 zranění na zápas. Owoeye, Akodu, Oladokun a Akinbo (2012) uvádí 1,1 zranění na zápas u chlapců a 0,9 u dívek. U dospívajících ve věku 15 až 18 let je incidence lehce vyšší než u dospělé populace.

Nejčastěji je poraněn hlezenní kloub, na druhém místě kolenní kloub. Nejvíce vyskytujícím typem zranění je podvrtnutí a kontuze, kdy příčinou je obvykle kolize hráčů a to většinou je-li hráč v útočné polovině hracího pole. Výskyt zranění je větší při zápase než při tréninku (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012). Sánchez-Jover a Gómez (2008) ve své studii zjistili, že 41% zranění vzniká v průběhu tréninku, 32% při zápase. Dle Meeuwisse a Sellmera (2003) tři čtvrtiny zranění připadají na dobu tréninku.

Lewis (2018) se zabýval výskytem zranění u hráčů NBA od roku 2012 do roku 2015. Došlo k potvrzení vlivu únavy na riziko zranění. Každých odehraných 96 minut zvyšuje pravděpodobnost zranění o 2,87%. Oproti tomu den odpočinku snižuje riziko o 15,96%. 56,8% hráčů (n=796 z n=1401) mělo za sledované období nejméně jedno zranění vzniklé při tomto sportu.

Sánchez-Jover a Gómez (2017) uvádí jako nejčastější zranění také podvrtnutí kotníku, následně poranění kloubů ruky a až na třetím místě poranění kolenního kloubu. 30% zranění nastává ve třetí čtvrtině zápasu a 53% zranění vzniká v poslední třetině sezóny. Autoři upozorňují, že mentální stav hráče není zanedbatelným faktorem podílejícím se na vzniku zranění.

Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo (2012) ve své studii pozorovali 141 hráčů basketbalu ve věku 15 až 18 let. Výzkumný vzorek tvořilo 75 chlapců a 66 dívek. Za pozorované období se zranilo v průběhu hrací sezóny 32 hráčů. Nejčastější zranění vzniklo při výskoku/dopadu (28,1%). Potvrzují výše uvedené informace a to, že podvrtnutí bylo nejčastějším typem zranění (62,5%) ze všech zranění. Nebyl signifikantně významný rozdíl mezi poraněním u dívek a chlapců ($p=0,481$). Kolenní kloub byl nejčastěji poraněnou částí těla a to ve 13 případech (40,6%), v 7 případech se jednalo o poranění kotníku (21,9%). Četnost výskytu je uvedena v tabulkách níže.

Table 3 Body parts injured

Body part injured	Boys n (%)	Girls n (%)	Total n (%)
Face	2 (100.0)	- (0.0)	2 (6.3)
Abdomen/Trunk	- (0.0)	1 (100.0)	1 (3.1)
Forearm	1 (100.0)	- (0.0)	1 (3.1)
Wrist & Finger	1 (100.0)	- (0.0)	1 (3.1)
Elbow	1 (33.3)	2 (66.7)	3 (9.4)
Hip & Thigh	- (0.0)	1 (100.0)	1 (3.1)
Leg	- (0.0)	1 (100.0)	1 (3.1)
Knee	7 (53.8)	6 (46.2)	13 (40.6)
Ankle	4 (57.1)	3 (42.9)	7 (21.9)
Toes	1 (50.0)	1 (50.0)	2 (6.3)
Total	17	15	32 (100.0)

$\chi^2 - 7.46, p = 0.590.$

Tabulka 1. Četnost zranění částí těla (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012).

Table 1 Causes of injuries

Causes of injuries	Boys n (%)	Girls n (%)	Total n (%)
Collision/contact with obstacle	3 (60.0)	2 (40.0)	5 (15.6)
Jumping/landing	4 (45.0)	5 (55.0)	9 (28.1)
Hit by a projectile ball	1 (100.0)	- (0.0)	1 (3.1)
Previous injury	5 (71.4)	2 (28.6)	7 (21.9)
Sudden turn, twist or stop	4 (50.0)	4 (50.0)	8 (25.0)
Others	- (0.0)	2 (100.0)	2 (6.3)
Total	17	15	32 (100.0)

$\chi^2 - 4.49, p = 0.481.$

Tabulka 2. Nejčastější typy zranění (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012).

Zkoumání četnosti, výskytu a příčiny zranění je podstatné z hlediska prevence úrazu. Většina studií potvrzuje nejčastější výskyt zranění na dolní končetině (až 75%), avšak existují spory ohledně nejčastějšího kloubu, jestli je častěji postižen hlezenní nebo kolenní kloub. Na kolenní kloub je při vertikálním skoku vyvinuta síla rovna až čtyřnásobku tělesné hmotnosti sportovce. Proto musí být neuromuskulární systém schopen udržet plnou kontrolu nad prováděným pohybem a nastavením

tělesných segmentů. Není-li jedinec schopen udržet stabilitu, dochází k nedostatečné absorpci a nefyziologickému zatížení kloubu a následně k jeho strukturálnímu poškození. Údaje o zraněních přináší významné informace pro vytváření preventivních programů. Programy by se měly zaměřit především na zlepšení funkce svalů hlubokého stabilizačního systému a neuromuskulární kontrolu dolních končetin, čímž by se měl snížit výskyt zranění a zlepšit biomechanické vlastnosti (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012).

2.1.5 Vertikální skok

Vertikální výskok, jeho maximální výška za co nejkratší čas, je jedním z hlavních kritérií úspěchu v basketbalu. Jednoduše se jedná o posun těžiště těla (center of mass – COM) co nejvýše (Domire & Challis, 2015). Vertikální výskok se považuje za základní test pro posouzení výbušné síly dolních končetin. Byla vyvinuta řada screeningových testů, které napomáhají odhalit, zda daný pohyb respektuje anatomické struktury či naopak zvyšuje riziko vzniku poranění (Doherty & Delahunt, 2014). Rodano et al. (1996) definovali vertikální výskok jako složitou sérii pohybů balistického typu, na kterém se podílí svaly kotníku, kolene a kyčelního kloubu, kdy společně tvoří daný pohybový vzor. Vertikální skok má několik fází (odraz, let, dopad).

Cooper a kolektiv (2018) prokázali, že měření reakční síly během squat jump (SJ) je vhodným parametrem sloužícím k výpočtu výkonu jedince a platným ukazatelem výkonnosti sportovce. Reakční síla identifikuje příznaky svalové únavy, kdy dochází ke snížení produkce reakční síly.

Existuje několik dalších typických pohybových vzorů, při kterých dochází k odhalení patologií, jež jsou později důsledkem poranění. Jedním z pohybů je drop vertikální skok (DVJ), jež bývá použit k identifikaci pohybů podmiňujících poranění předního zkříženého vazů. DVJ vyžaduje synchronizaci svalů dolních končetin, náročnou neuromuskulární kontrolu, zajištění dynamické rovnováhy a sleduje maximální dosažení výšky výskoku (Doherty, Bleakley, Hertel, Caulfield, Ryan, Sweeney, Patterson & Delahunt, 2015).

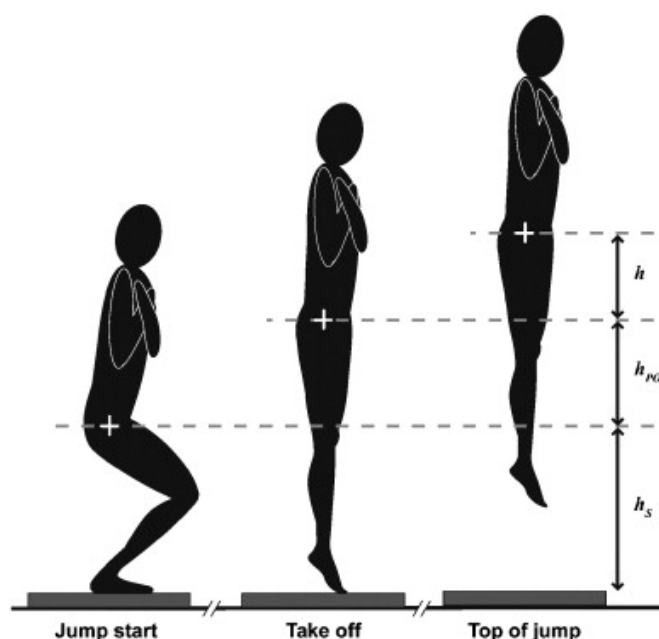
2.1.5.1 Kineziologie a biomechanika

Monitorování a testování sportovního výkonu jedince je vhodné provádět periodicky. Dva běžně využívané testy pro sledování výkonnosti basketbalistů jsou squat jump (SJ) a countermovement jump (CMJ). Pomocí CMJ získáváme informace o schopnostech jedince produkovat sílu zejména v cyklických pohybech. Při testování jedinec začíná ve stoji, snižuje těžiště a bezprostředně poté následuje pohyb vzhůru do výskoku. Pohyb od zahájení do vzletu trvá v rozmezí 500 až 1000 milisekund (ms). Doba trvání SJ je kratší, trvá 300 až 430 ms od zahájení výskoku do maximálního vzletu. Výchozí pozice sportovce je v dřepu s 90° flexí v kolenních kloubech, tuto pozici drží přibližně 3 sekundy a poté jde do výskoku, již bez jakéhokoli snížení těžiště. SJ nám poskytuje informace o schopnosti rozvoje síly dolních končetin zejména při volném pohybu, kdy je eliminován účinek elastické energie ve svalech a šlachách a nejsou provokovány reflexní mechanismy (Hooren & Zolotarjova, 2017; Čoh, Živković & Žvan, 2016).

Mezi důležité biomechanické a kineziologické faktory vertikálního skoku řadí Mackala et al. (2013) uspořádání segmentů těla při odrazu, koordinaci svalů při maximálním úsilí, stabilizaci trupu a polohu těžiště, práci paží (pomáhá v letové fázi optimalizovat polohu těla pro přistání), vztah mezi úhlem v kloubech a momentech sil. Během vertikálního výskoku je tělo tlačeno proti gravitaci a maximální dosažená výška výskoku závisí na aktuální výkonnosti jedince a jeho neuromuskulární kontrole, která se snižuje v důsledku únavy (Dal Pupo, Dias, Hheller, Detanico & Santos, 2013).

U SJ jsou zaznamenány nižší výkony (v průměru o 6 centimetrů) než u CMJ. Roli bude hrát více faktorů. Nicméně rozsah pohybu v kloubech při výskoku dle Bobberta et al. (1996) neobjasňuje, proč je výkon v SJ horší, neboť byla-li flexe v kolenních kloubech během CMJ menší než 90°, i tak dosáhl jedinec většího výkonu. Kopper et al. (2013) shledávají jako významný rozdíl mezi CMJ a SJ v ukládání a využívání elastické energie. Pozdější studie naznačují, že se nemusí jednat pouze o elastickou energii, ale významnou roli hraje i typ svalových vláken a jejich poměr ve svalu. Tato korelace hraje roli v rozdílu schopnosti produkce síly svalů dolních končetin při CMJ a SJ (Hooren & Zolotarjova, 2017). Práce horních končetin

při výskoku přispívá až o 13 % celkové výšce výskoku. Při testování explozivní síly končetin by tedy paže probanda měly zůstat v bok, aby nedocházelo k dalšímu ovlivňování výsledků výskoku (Domire & Challis, 2010).



Obrázek 1. Tři klíčové pozice COM během vertikálního výskoku. (Samozino & Belli, 2008).

Jak bylo popsáno výše celková schopnost zrychlení těla v prvních fázích je vedle explozivní síly dolních končetin jedním z nosných faktorů při hře. Kromě koncentrace na rozvoj síly dolních končetin při práci ve vertikální rovině je nezbytná i intermuskulární koordinace a produkce explozivní síly v horizontální rovině a propojení těchto dvou celků (Hank, Zahálka, & Malý, 2012).

2.1.5.2 Aktivace svalů

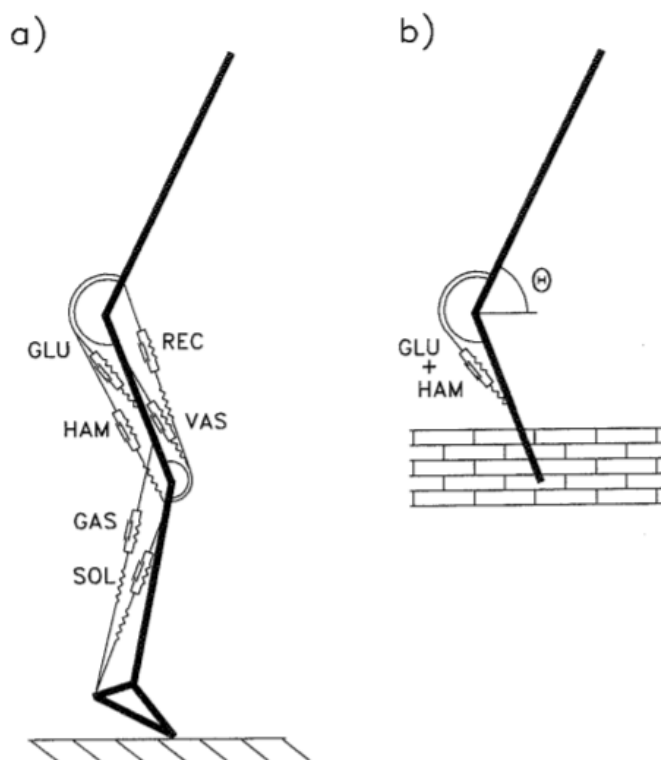
Koordinaci svalů Pritusky (2000) definoval jako distribuci svalové aktivity nebo rozdělení síly mezi jednotlivé svaly pro vytvoření kombinace společných momentů sil na daný kloub. Odraz je specifický typ výbušné excentricko-koncentrické síly svalů, které nejčastěji pozorujeme u cyklických, acyklických a kombinovaných pohybů. Využití elastické energie komplexů svalů a šlach je závislé na rychlosti přechodu. Změna pohybu nesmí překročit interval 260 ms, aby došlo k využití této energie (Čoh, Živković & Žvan, 2016).

Výkonnost sportovce závisí i na ekonomizaci jeho pohybu a spotřebování co nejmenší chemické energie. Účinnost excentricko-koncentrické kontrakce je závislá na rychlosti, čím delší je čas provedení pohybu, tím menší je účinnost kontrakce. Kromě rozsahu pohybu, změně délky svalu a doby trvání pohybu závisí účinnost excentricko-koncentrické reakce z velké části na tzv. před-aktivaci svalu. Protahání svalu před samotným pohybem ovlivňuje počet vytvořených svalových můstků a změnu dráždivosti nervových α -motoneuronů. Tyto faktory ovlivňují tuhost svalu a ta způsobuje, že dochází k výraznějšímu prodlužování vazů a šlach, což snižuje spotřebu chemické energie svalu pro daný pohyb (Čoh, Živković & Žvan, 2016).

Bobberty a van Ingen Schenau (1988) zkoumali ve své studii zapojení svalů v průběhu vertikálního výskoku. Sledovali reakční sílu, kinematografický záznam a EMG. Soustředili se na zapojení sedmi svalů. Sekvence zapojení svalů byla v pořadí: m. semitendinosus, caput longum m. biceps femoris, m. gluteus maximus, m. vastus medialis, m. rectus femoris, m. soleus, m. gastrocnemius. Sharma, Gandhi, Meitei, Dvivedi a Dvivedi (2017) doplňují, že pro překonání gravitační síly je třeba zapojení nejen výše uvedených svalů, ale i svalů trupu.

Autoři (Bobberty & van Ingen Schenau, 1988; Čoh, Živković & Žvan, 2016; Pandy & Zajac, 1991) se shodují, že při vertikálním skoku dochází k sekvenci aktivace svalů proximo-distálně (tj. od kyčle ke kotníku). Při výskoku je nejvýznamnější síla m. gluteus maximus a mm. vastii, které jsou hlavními producenty energie a dominují při akceleraci pohybu v kyčelním kloubu do extenze.

Oproti tomu plantární flexory hlezna (m. soleus, m. gastrocnemius a ostatní plantární flexory) se nejvíce podílejí zejména během posledních 20 % výskoku. Jejich podíl při výskoku však nelze zanedbat. Dvoukloubový sval m. gastrocnemius, jehož dvě hlavy začínají na zadní straně příslušného epikondylu femuru, přechází v širokou šlachu upínající se jako tendo calcaneus na tuber calcanei, se podílí na výšce vertikálního výskoku až z 25 % celkového výkonu. Dle autorů zde nehraje vliv to, že se jedná o dvoukloubový sval (Pandy & Zajac, 1991; Dylevský, 2009). Účast m. gastrocnemius na flexi kolene dle Dylevského (2009) je minimální, má především funkci dynamickou, zatímco u m. soleus převažuje funkce statická. Jeho posturální význam je vyrovnávání sklonu (retroverze) holenní kosti.



Obrázek 2. Schématické znázornění muskuloskeletálního systému při výskoku (a) čtyři rigidní segmenty a šest svalo-šlachových komplexů (GLUteus, RECTus femoris, VASti, HAMstringy, GASrocnemius, SOLeus) (b) zjednodušená verze modelu. (Bobberty et al., 1996).

Z funkčního a anatomického hlediska hrají významnou roli při vertikálním výskoku dvoukloubové svaly stehna – hamstringy neboli ischiokrurální svaly. Tato svalová skupina se skládá z m. semitendinosus, m. semimembranosus a caput longum m. biceps femoris. Tyto tři svaly začínají na tuber ischiadicum a upínají se na bérec. M. biceps femoris na caput fibulae a m. semimembranosus s m. semitendinosus naopak na vnitřní stranu kolenního kloubu. Tyto svaly provádí primárně extenzi kyčelního kloubu v uzavřeném kinetickém řetězci a flexi v kolenním kloubu. Délka těchto svalů je velmi variabilní, v závislosti na poloze kolenního a kyčelního kloubu. Hrají stěžejní roli při rychlých výbušných pohybech cyklického a acyklického typu, kdy dochází k rychlým změnám úhlové rychlosti v kloubech (Ernlund & de Almeida Vieira, 2017; Šarabon et al., 2005; Čoh, Živković & Žvan, 2016).

Nagano, Komura, Fukashiro a Himeno (2005) uvádí, že při CMJ mají monoartikulární klouby významný vliv, zatím co biartikulární svaly svým mechanickým výkonem spíše podporují jejich práci. Adduktory, abduktory a zevní rotátory kyčle mají minoritní význam. Význam flexorů jako m. iliopsoas, caput breve m. biceps femoris a m. tibialis anterior je především na začátku pohybu, kdy usnadňují generaci výskoku.

Někteří autoři (Gollhofer & Kyrolainen, 1991; Bobbert et al., 1987; Marković et al., 2004) prokázali, že vertikální skok je do značné míry ovlivněn kontraktilními částmi svalu a podstatně méně reflexními mechanismy a předaktivací svalu. Optimální úhel pro co nejvyšší výskok je dle jejich názoru od 89° do 90° flexe kolenního kloubu a 71° až 84° flexe v kyčelním kloubu. Tyto úhly jsou důležité vzhledem k počáteční vzletové fázi skoku, kdy se zapojují nejvíce extenzory kyčelního kloubu a svaly trupu. Konečná fáze odrazu je závislá zejména na plantárních flexorech kotníku a extenzorech kolene. Tímto potvrzují proximodistální aktivaci svalů. Tento poznatek koreluje s prací Čoha a kolektivu (2016), kdy předaktivace svalů ovlivňuje počet vytvoření aktin-myozionvých komplexů a podílí se na změně dráždivosti nervových α -motoneuronů.

2.1.5.3 Fáze vertikálního skoku

2.1.5.3.1 Přípravná fáze

Dle Kay (2016) v přípravné fázi dochází ke snížení těžiště a aktivaci zejména flexorů kolenních a kyčelních kloubů jako m. sartorius, m. rectus femoris, m. biceps femoris a dorsiflexorů hlezenního kloubu jako m. tibialis anterior. Svaly jsou v excentrické kontrakci, dochází ke zpomalení pohybu a následně k aktivaci a odrazu. Při změně úhlu v kolenním kloubu hrají významnou roli hamstringy, které brzdí pohyb bérce vpřed. Při pohybu jsou síly přenášeny od pánevní kosti, femur, tibie, tarsální, metatarsální kosti a phalangy.

2.1.5.3.2 Fáze odrazu

Fáze odrazu začíná extenzí kyčelních kloubů, následuje extenze kolenních kloubů a následně plantární flexe hlezenních kloubů. Svaly podílející se na pohybu v kyčelním kloubu jsou m. gluteus maximus, m. semitendinosus, m. semimembranosus, dlouhá hlava m. biceps femoris a m. adductor magnus.

Extenze kolene nastává téměř současně s extenzí kyčle a zapojí se m. quadriceps femoris, jenž je tvořen čtyřmi hlavami: m. rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis, vastus intermedius. A všechny hlavy se podílí na pohybu společně. Plantární flexory kotníku (m. gastrocnemius, m. soleus a další flexory) se zapojují do poslední fáze odrazu těsně před odlepením se plosek nohou od podložky (Kay, 2016).

2.1.5.3.3 Fáze bezoporová

Během bezoporové fáze je aktivita svalů minimální (Domire & Challis, 2015).

2.1.5.3.4 Fáze dopadu

Kay (2016) uvádí, že při dopadu jsou opět aktivovány svaly jako při odrazu, jejich dostatečná excentrická kontrakce brzdí a zpomaluje dopad. V kooperaci je m. rectus abdominis a m. iliocostalis thoracis, které udržují napřímení páteře.

2.2 Kolenní kloub

Kolenní kloub (articulatio genus) je nosný složený kloub, kde se stýká femur, tibia a patela. Stabilita tohoto kloubu je zajištěna souhrou statických a dynamických stabilizátorů. Je-li souhra narušena, pasivní stabilizátory jsou vystaveny velké zátěži a mohou být strukturálně poškozeny (Chaloupka, 2001; Čihák, 2001; Podškubka, 2005).

2.2.1 Statické stabilizátory kolenního kloubu

Kloubní plocha tibie je téměř plochá a neodpovídá kloubním plochám femuru, tato inkongruence je vyrovnána menisky. Kloubní pouzdro je zpevněno řadou vazů – nejvýznamnější jsou kolaterální vazy. Z mediální strany ligamentum collaterale tibiale a z laterální strany ligamentum collaterale fibulare. Tyto vazy jsou plně napnuty při extenzi kolene a zajišťují stabilitu kloubu do stran. Nitrokloubní vazy – ligamenta cruciata gena – zamezují torzním pohybům v kolenním kloubu, anteriorní a posteriorní translaci tibie vůči femuru (Bartoniček & Heřt, 2004; Dylevský, 2009; Čihák, 2001).

Při plné extenzi kolenního kloubu na sebe femur, menisky a tibia naléhají, na zadní straně kloubu jsou všechny vazivové struktury napjaty, včetně kolaterálních vazů. Toto základní postavení nazýváme „uzamčené“ koleno (Véle, 2006).

2.2.2 Dynamické stabilizátory kolenního kloubu

Kolenní kloub plní dva požadavky: umožňuje stabilitu při současné mobilitě. Na přední straně stehna je uložen m. quadriceps femoris – extenzor kolenního kloubu, který je až třikrát silnější než flexory kolenního kloubu, aktivuje se zejména při chůzi v nerovném terénu. V jeho úponové šlaše je sezamská kůstka – patela, jenž zlepšuje účinnost extenzorů při vzpřimování. Při extenzi vyvolá m. quadriceps femoris posun pately proximálně a laterálně, střední polohu pately zajišťuje správná kooperace m. vastus medialis a m. vastus lateralis (Kapandji, 1987; Véle, 2006).

Mezi flexory kolenního kloubu řadíme tzv. „hamstringy“, kde spadá m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus, bývají aktivovány současně a jejich síla je závislá na postavení pánve, kdy se stoupající flexí (předklonem) pánve aktivita a síla hamstringů roste. Flexory mají při odemčeném

kolenním kloubu také funkci rotační. Flexi kromě hamstringů napomáhají m. popliteus, m. gracilis, m. sartorius a m. gastrocnemius (Dylevský, 2009, Kapandji, 1987).

2.2.3 Neuromuskulární kontrola kloubu

Neuromuskulární systém zajišťuje stabilitu kloubu. Aby byl stabilní musí být kloubní plochy rovnoměrně zatíženy. Mluvíme o centrovaném postavení kloubu. Není-li kloub centrovaný, svaly a vazy v jeho blízkosti jsou v nefyziologickém napětí, následkem je změna aferentní signalizace a neoptimální timing zapojení svalů během pohybu (Honová, 2013). Narušení měkkých tkání kolene se projevuje v poruše propiocepce a následně zhoršením dynamické stability kloubu. Kolenní kloub je poměrně málo uvědomován, což je dáno malou kortikální senzomotorickou prezentací. Aferentace z kloubu je snížena až o 70% při poškození předního zkříženého vazy (Smékal & Mayer, n. d.)

Stabilizace kloubu je nepřetržitý dynamický proces, který vyžaduje aferentní informace z periferie těla, které jsou následně integrovány v centrálním nervovém systému, který vysílá informace k výkonným orgánům. Muskuloskeletální systém reaguje na podněty a snahou je vytvořit rovnováhu mezi destabilizujícími a stabilizujícími silami za cílem centrace kloubu (Sell et al., 2018). Velký význam mají při stabilizaci hamstringy, které jsou antagonisty ligamentum cruciatum anterior. Pro jejich dynamickou podporu musí být hamstringy správně aktivovány a následně dochází k zapojení vastů a svalů bérce. M. gastrocnemius táhne femur oproti tibií dorzálně. Při nevyrovnané síle a špatnému timingu zapojení svalů dochází ke zvýšení rizika vzniku zranění (Smékal & Mayer, n. d.).

Lombardův paradox popisuje kokontrační schopnost m. quadriceps femoris a hamstringů, díky které zajišťují stabilizaci kolenního kloubu. Tyto svalové skupiny jsou antagonisté a při aktivaci jedné skupiny by mělo dojít k reciproční inhibici druhé. Obě skupiny jsou biartikulární. M. rectus femoris flektuje kyčelní kloub a extenduje kolenní kloub, flexory kolene naopak provádí v kyčelním kloubu extenzi. Centrální nervový systém však zajišťuje v poměru správnou aktivaci těchto svalů, čímž se projevují jako synergisté. Směr pohybu je dán převažujícím směrem síly a požadovaným pohybem. Umožňuje precizní stabilizaci a možnost rychlé změny

stabilizované polohy. Je-li tato kokontrakce porušena projeví se podlamováním kolene (Véle, 2006).

2.3 Povrchová elektromyografie

Elektromyografie je moderní diagnostická metoda, jenž nám umožňuje analyzovat a objektivizovat pohyb jako funkci. Pomocí povrchové polyelektromyografie neboli surface electromyography (SEMG) jsme schopni v experimentální kineziologii hodnotit kontrakční aktivitu kosterního svalu, součinnost více svalů během konkrétního pohybu a tedy i pohybovou strategii jedince (Konrad, 2005; Krobot & Kolářová, 2011). Kromě objektivizace řízení lidské motoriky jsme schopni SEMG využít i v terapii, jako biofeedback, avšak vzhledem k povaze práce budu popisovat metodu pouze jako diagnostickou.

2.3.1 Fyziologie svalové kontrakce

Soubor svalových vláken inervovaných z jednoho motoneuronu vycházejícího z předních rohů míšních nazýváme motorická jednotka, je základní funkční jednotkou pohybového aparátu. Jeden sval může být inervován až tisícem motoneuronů. Axony motoneuronů se terminálně větví a jsou uloženy ve žlábcích sarkolemy kosterního svalu. Toto synaptické spojení označujeme jako neuromuskulární ploténka, jedná se o chemickou synapsi, která obsahuje mediátor acetylcholin, jenž se uvolní do synaptické štěrbině při vzruchu přicházejícím po axonu motoneuronu. Uvolněním acetylcholinu je přenesen signál pro vybavení akčního potenciálu (AP) (Penhaker et al., 2004; Trojan, 2003; Rodová et al., 2001).

Při dostatečně velkém vzruchu se AP šíří po vláknu svalu oběma směry a dochází ke stahu svalového vlákna. Jde o přímou přeměnu chemické energie na energii mechanickou. Vlivem různých elektrických potenciálů na membráně svalového vlákna vzniká v jeho okolí elektrické pole. Při měření potenciálů elektrického pole získáváme elektromyografický signál. Elektromyogram vzniká při překrytí sumačních potenciálů větších počtů motorických jednotek (Penhaker et al., 2004; Trojan, 2003; Rodová et al., 2001).

2.3.2 Podstata bipolárního snímání

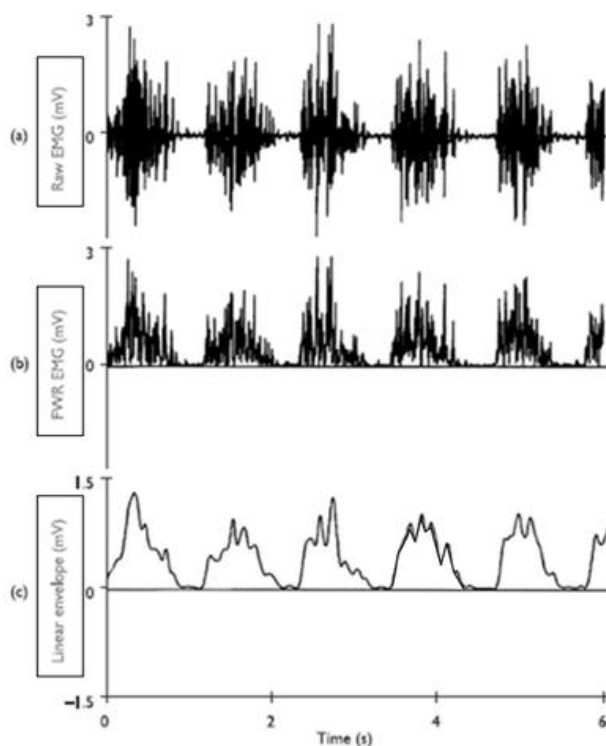
Při bipolárním snímání jsou dvě elektrody umístěny do středu svalového bříška (asi 20 mm od sebe) v průběhu jeho vláken, třetí referenční elektroda je umístěna v elektricky co nejméně aktivní oblasti (v blízkosti kostěné struktury). Elektrody snímají v daném čase různé elektrické potenciály vzhledem k referenční

elektrodě. Získáme tedy bipolární signál, který je zesílen v diferenciálním zesilovači. Ten představuje potenciálový rozdíl snímáný oběma elektrodami v daném okamžiku. Analogový signál ze snímačů je vyslán do vyhodnocovací jednotky, kde je převeden na digitální signál (Krobot & Kolářová, 2011).

2.3.3 Hodnocení EMG signálu

Nezpracovaný EMG signál nazýváme surový záznam, jedná se o interferenční vzorec akčních potenciálů. Dává nám informaci o inervaci svalu a jeho aktivitě, avšak skládá se z náhodně uspořádaných amplitud a může obsahovat šumy a náhodné vrcholy. Není přesně reprodukovatelný a proto je nezbytné jeho další zpracování. Aktivace svalu je na surovém záznamu patrná jako nárůst amplitudy a frekvence signálu (Konrad, 2005; Krobot & Kolářová, 2011).

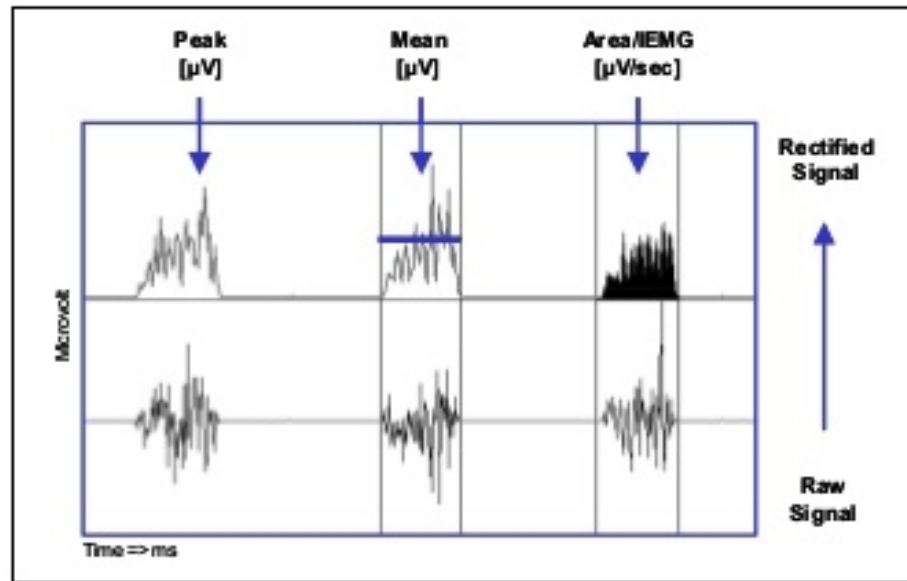
Pro úpravu surového signálu se využívá analýza změny frekvenčního spektra a amplitudy v čase. Změny frekvenčního spektra jsou využívány pro objektivizaci průběhu svalové únavy, kdy dochází k jeho poklesu. Pro analýzu amplitudy je signál rektifikován (převedení negativních hodnot do pozitivních nebo jejich eliminace) a vyhlazen. (Konrad, 2005; Krobot & Kolářová, 2011).



Obrázek 3. SEMG signál (a) surový signál (b) zrektifikovaný – tj. vytvoření absolutní hodnoty amplitudy (c) zrektifikovaný a vyhlazený signál (Lee, 2013)

Mezi standardně hodnocené parametry SEMG, se kterými se se ve většině případů pracuje u opakovaných měření pro hodnocení terapeutických a léčebných postupů řadíme:

- Maximální amplitudy signálu neboli **peak** – avšak autoři (Konrad, 2005; Krobot & Kolářová, 2011) uvádí, že má smysl vypočítat spíše průměr maximálních hodnot (například prvních desíti nejvyšších hodnot) než hodnotit izolovaně dosažené maximum.
- Průměrná hodnota amplitudy ve vybraných intervalech je jedním z nejdůležitějších parametrů. Reflektuje míru aktivity daného svalu pro určitý úkol. Tento parametr nazýváme **mean** a je nejlepší pro porovnávací analýzu (Konrad, 2005).



Obrázek 4. Standardní hodnocené parametry u zretifikovaného EMG signálu (Konrad, 2005).

Z funkčního hlediska pomocí SEMG můžeme hodnotit časový nábor jednotlivých svalů (timing), svalovou únavu a velikost svalové aktivity (Krobot & Kolářová, 2011; De Luca, 1997):

- Jednou z nejdůležitějších informací je počátek a konec aktivity svalu – **timing** – umožní hodnotit svalové synergie či rychlost reakce na určitý podnět. Timing svalů může být pozměněn například u nestabilit v kloubu nebo reflexních hypertonií v důsledku bolesti.
- Pomocí SEMG jsme schopni určit **svalovou únavu**. Detekujeme ji, aniž by došlo k poklesu produkované mechanické síly. Díky kompenzačním mechanismům, jako zvýšení prostorové či časové sumace AP, nedojde sice k poklesu mechanické síly, ale na záznamu EMG zaznamenáme zvýšenou amplitudu a posun frekvenčního spektra k nižším frekvencím. Pokles svalové síly pozorujeme až v okamžiku vyčerpání substitučních mechanismů (Winter, 2009).
- **Velikost svalové aktivity k síle** můžeme určit pomocí standardních parametrů, nicméně pouze na základě velikosti signálu nemůžeme dojít k závěru, zda je měřený sval silnější ve srovnání s jinými svaly nebo

probandy. Mezi svalovou aktivitou na EMG záznamu a produkovanou mechanickou silou neexistuje lineární vztah. Nižší EMG signál bývá interpretován jako slabost a vyšší jako „síla“. Avšak je-li hodnota produkované síly dvěma subjekty rovna, vyšší zaznamenaná amplituda na EMG záznamu by měla být označena jako slabost, neboť bylo zapotřebí více motorických jednotek (MJ), aby bylo dosaženo stejného účinku. Konečná produktivní síla je závislá na faktorech jako typ svalové kontrakce, její rychlost, výchozí poloha segmentů – délka svalových vláken, trénovanost (Frigo & Shiavi, 2004; Krobot & Kolářová, 2011).

2.3.4 Zásady měření

Dupalová a Zaatara (2015) poukazují ve svém článku na základní zásady měření SEMG. Důležitá je charakteristika použitého vybavení, včetně bližší specifikace používaných elektrod – značka, tvar, velikost, materiál, podrobné uložení elektrod, a to nejlépe vždy jedním fyzioterapeutem. Jako vhodné se zdá využití fotodokumentace pro přesné zaznamenání uložení elektrod. Před aplikací elektrod je nutné připravit kůži probanda, abychom zajistili dobrou fixaci.

Konrad (2005) uvádí, že pojivová tkáň a podkožní tuková vrstva snižuje konečnou amplitudu EMG signálu. Elektrody lepíme na střed svalového břicha ve směru vláken svalu. Referenční elektrodu lokalizujeme na elektricky neaktivní tkáň. Při bipolární aplikaci lepíme elektrody od sebe 20 mm. Správnou aplikací elektrod zamezíme tzv. crosstalk – ovlivnění elektromyografického signálu z okolních svalů. Při dynamickém pohybu, jako je právě squat jump, může dojít ke změně IED (inter-electrode distance) během pohybu až záměně elektromyografického signálu. Proto je příprava a dodržení zásad měření velmi důležité (Dupalová & Zaatara, 2015; De Luca, 1997; Konrad, 2005).

2.3.5 Únava

Fyziologická únava je jevem každé činnosti, začíná se projevovat po určité době poklesem výkonnosti. Krobot a Kolářová (2011) ji definují jako pocit slabosti, svalové bolesti nebo poklesu výkonnosti. Nejpatrnější je projev únavy při obratnostních a rychlostních pohybových aktivitách. Jakmile zátěž pokračuje,

nastoupí únava patologická, která je jedním ze spouštěcích mechanismů zapříčiňujících celou řadu patologických stavů. Únava vzniká v důsledku svalové práce nebo mentální činnosti. Periferní typ únavy vzniká v rámci svalu na podkladě snížení energetického krytí, akumulaci vedlejších metabolických produktů a snížení schopnosti kontraktility svalových vláken (Macháček & Radvanský, 2011).

Svalová únava nevzniká pouze na podkladě periferní únavy, ale vliv na aktuální schopnosti svalové aktivity má i centrální únava. Maximální volní kontrakce dle Gandevia (2001) je obecně vždy nižší, než je skutečná maximální potenciální síla svalu. Při únavě dochází k poklesu pálení motorických jednotek. Transkraniální magnetická stimulace motorického kortexu odhalila změny v kortikální excitabilitě a inhibici, nicméně centrální změny se vyskytují také na úrovni spinální, kde dochází k modulaci aferentních informací ze svalových vřetének a Golgiho tělísek. Během únavy dochází k řadě dalších centrálních změn jako ke snížení propiocepce, třesu a posturální kontrole. Svalová únava tedy nespočívá pouze ve svalech (Gandevia, 2001).

Thorpe, Aktinson, Drust a Gregson (2017) monitorovali únavu u elitních sportovních týmu. Sledováním aktuálního stavu jedince, tedy i únavy, můžeme porozumět připravenosti hráče, predilekci zranění a riziku onemocnění. Dříve se ke kvantifikaci únavy a schopnosti zotavení používaly maximální zátěžové testy, které však nebylo vhodné využívat v závodním období. Proto došlo ke zjednodušení testování, kde autoři použili dotazníky (Athlete self-report measure), reakci autonomního nervového systému – změny srdeční frekvence (v klidu, při submaximální zátěži, při zotavování), maximální sportovní výkon (sprint, opakovaný sprint, skok nebo maximální volní kontrakce).

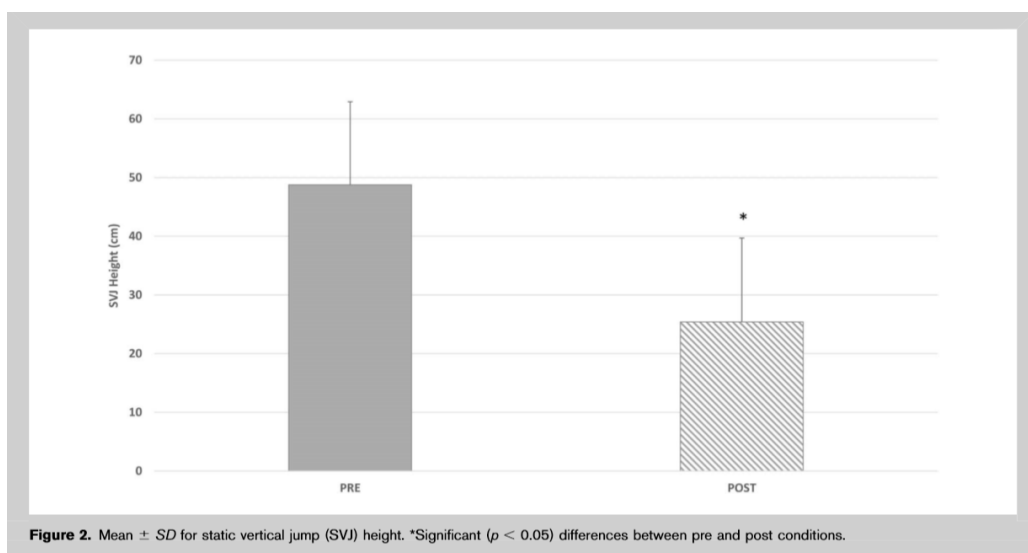
Pro testování míry únavy jsou využívány různé typy výskoků – CMJ nebo SJ. Na těchto testech je zřejmý pokles výkonnosti neuromuskulárních funkcí až po dobu 72 hodin od výkonu (Thorpe, Aktinson, Drust & Gregson, 2017). Nicméně Malone, Murtagh, Morgans, Burgess, Morton a Drust (2015) s tímto testováním nesouhlasí. Dle jejich studie změna parametrů výkonu při CMJ není dostatečně citlivým indikátorem únavy.

Dalším možným indikátorem míry únavy kromě skokových protokolů je změna rozsahu pohybu v kloubu. Snížení rozsahu pohybu v kloubu v klíčových anatomických oblastech dle Paula et al. (2014) poskytuje lepší pochopení strukturálních změn a zvýšení rizika úrazu v daných oblastech, avšak je nutné provést další výzkumy.

Minshull, Eston, Rees a Gleeson (2012) sledovali jaký vliv má pohybové zatížení na poškození svalu (exercise induced muscle damage) a akutní únava na neuromuskulární řízení kolenního kloubu. Měření prováděli před náročným excentrickým tréninkem a 1 hod., 24 hod., 48 hod., 72 hod. a 168 hodin po něm. Výsledky elektromechanického zpoždění potvrdily hypotézu, že neuromuskulární aktivita kolenního kloubu bude narušena.

Nesmíme zapomínat na únavu svalů a spojitost s rizikem zranění i mimo výskok. Kwon, Choi, Yi a Kwon (1998) zkoumali vliv únavy svalů DKK na stabilitu stoje na jedné dolní končetině a zjistili, že se kotníková strategie tedy únava svalů lýtka přesněji m. soleus má větší vliv na rovnovážné schopnosti jedince a jeho posturální zajištění v porovnání s flexory kolene. Lim a Chang (2018) potvrzují nezanedbatelný vliv únavy svalů DKK na rovnovážné schopnosti jedince a nutnost trénování této dovednosti vždy bez svalové únavy. Porovnávali, jak podléhá svalové únavě skupina extenzorů oproti skupině flexorů kolenního kloubu.

Výsledky studie, jež publikoval Cooper a kolektiv (2018), kde měřili v centimetrech výkon při SJ a CMJ a rovnováhu před a po pohybové aktivitě potvrzují výsledky výše uvedených studií. Byl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi před a po měření byl SJ (viz Graf 1) a CMJ, nebyla však zaznamenána změna v rovnovážných schopnostech jedinců. Balanční schopnosti jedinců však byly měřeny až po absolvování ostatních testů, tudíž s větším časovým odstupem, k měření byl využit Biodex Balance System.



Graf 1. výkon v centimetrech při SJ před a po tréninkové jednotce (Cooper et al., 2018).

Zvýšené riziko vzniku poranění zahrnuje pravděpodobně několik faktorů – záleží na neuromuskulární kondici, náchylnosti k únavě a schopnostem využití náhradních mechanismů. Díky schopnosti adaptace dochází k minimalizaci a oddálení únavy (Gandevia, 2001; Minshull, Eston, Rees & Gleeson, 2012).

Z výsledků studií zabývajících se odolností vůči fyzické únavě v období dětského věku, dospívání a dospělosti jasně vyplývá, že regenerace je podstatně lepší v období dětského věku, než v období dospívání a s přibývajícím věkem se zhoršuje. Rozdílnost v odolnosti vůči únavě po vysokointenzivní intermitentní zátěži si autoři vysvětlují různým typem svalových vláken v různém období života, metabolismem svalstva a neuromuskulárním řízením (Dipla et al., 2009). Ve studii Piponnier a kolektivu (2018) bylo potvrzeno, že skupina chlapců ve věku 9-11 let odolává periferní únavě lépe oproti mužům (18-30 let), dále byly na EMG větší změny mezi výkony před a po zátěži na plantárních flexorech hlezna, než na extenzorech kolenního kloubu. Nižší periferní únavu si vysvětlují další autoři (Dipla et al., 2009) změnou metabolismu, zejména větší schopností dodání kyslíku pracujícímu svalstvu. Ze studie však vyplývá, že děti podléhají více centrální únavě oproti dospělým.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Hlavní cíl

Cílem práce je hodnocení aktivity m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus preferenční končetiny během vertikálního výskoku pomocí SEMG u basketbalistů dorosteneckého věku (U13 a U15).

3.2 Dílčí cíl

Zhodnotit rozdíl svalové aktivity flexorů kolenního kloubu mezi věkovými kategoriemi U13 a U15 na konci sezóny a na začátku následující sezóny.

3.3 Výzkumné otázky

VO1: Je rozdíl mezi svalovou aktivitou po ukončení sezóny a na začátku následující sezóny u skupiny probandů U15?

VO2: Je rozdíl mezi svalovou aktivitou po ukončení sezóny a na začátku následující sezóny u skupiny probandů U13?

VO3: Jaký je rozdíl mezi svalovou aktivitou po ukončení soutěžní sezóny mezi věkovými skupinami U13 a U15?

VO4: Jaký je rozdíl mezi svalovou aktivitou před začátkem soutěžní sezóny mezi věkovými skupinami U13 a U15?

4 METODIKA

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor byl tvořen aktivními hráči basketbalu žákovských kategorií U13 a U15 hrajících v Prostějovském nebo Olomouckém oddíle, které se účastní nejvyšších soutěží pro dané věkové kategorie.

Výzkum byl schválen etickou komisí FTK UP dne 19.3.2015 jako součást projektu GAČR 16-13750S, jehož hlavním řešitelem je doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr. s názvem „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání.“ (Příloha 1).

Všichni účastníci projektu a jejich zákonní zástupci byli seznámeni s průběhem a obsahem výzkumu. Zákonní zástupci schválili podpisem informovaného souhlasu účast probanda na výzkumu. Do výzkumu byli zařazeni všichni, kteří neudávali akutní bolesti nebo jiné obtíže, jež by nedovolovaly provést měření výskoku. Před začátkem měření vyplnili dotazník, kde zodpověděli zda prodělali úraz nebo zdravotní komplikace, které by ovlivnily výsledky testování. Dále probandi vyplňovali před samotným měřením Borgovu škálu vnímaného úsilí a Vizuální škálu bolesti, které nejsou součástí této práce.

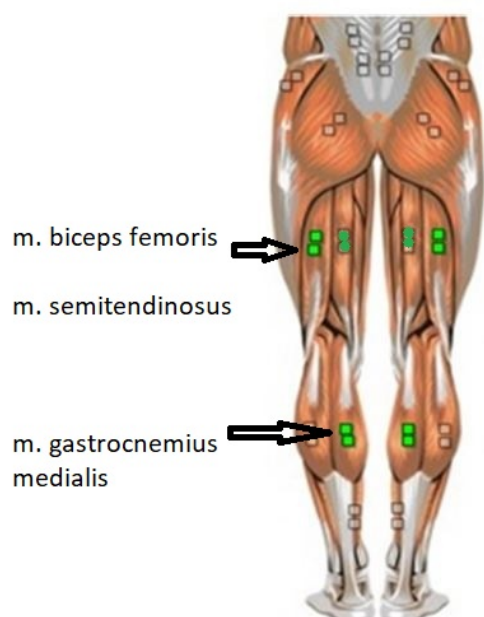
Pohlaví	Věk 15	Věk 13	Součet
Dívky	0	5	5
chlapci	25	15	40
součet	25	20	45

Tabulka 3. Zastoupení jedinců v měřených skupinách.

4.2 Technické parametry

Pro zaznamenání elektromagnetického signálu byl použit osmikanálový EMG systém NORAXON MyoSystem 1400A a Noraxon TeleMyo 2400 G2. EMG přístroj byl při měření synchronizován se silovou plošinou PS-2142 (Pasco, Roseville, USA) o velikosti 40 x 60 centimetrů. Odpor elektromyografického přístroje Noraxon byl menší než 10M Ω . Svalová aktivita byla snímána pomocí jednorázových povrchových samolepících elektrod Arbo siler – silver chlorid s pevným hydrogelem o průměru 24 milimetrů od firmy Kendall. EMG signál byl zaznamenán a zpracován v programu MyoResearch XP Master Version 1.03.05.

Povrchové elektrody byly umístěny na střed svalového bříška paralelně se svalovými vlákny m. gastrocnemius medialis, m. semitendinosus a m. biceps femoris preferenční končetiny 20 milimetrů od sebe.



Obrázek 5. Uložení elektrod (Kim, 2017).

Preferovaná dolní končetina byla zjišťována testem výstupu na stupínek. Bylo striktně dodrženo, aby byla měřena preferenční dolní končetina po dobu celého výzkumu. Referenční elektroda byla nalepena na tuberositas tibiae. Před samotným

uložením byla kůže pod oblastí uložení elektrod a jejího okolí očištěna vodou a osušena, aby se zlepšila přilnavost, snížil kožní odpor a zamezilo “crosstalkingu“. Poté byly na elektrody připevněny svody.

4.3 Průběh měření

Jednotlivá měření probíhala v prostorech Fakulty tělesné kultury UP nebo ve sportovních halách elektromyografickým přístrojem, který byl synchronizován se silovou plošinou, na níž proband prováděl vertikální výskok. Měření použitých dat bylo provedeno na konci sezóny 2016/2017 (červen 2017) a na začátku sezóny 2017/2018 (září a říjen 2017).

Hráči na sobě měli sportovní úbor a přezutí. Před měřením se rozběhali a rozevčičili. Byli rozděleni do jednotlivých skupin, ve kterých absolvovali všechny disciplíny měření, jež byly součástí projektu. Po určení preferenční končetiny byla místa nalepení elektrod očištěna vodou, osušena a elektrody nalepeny. Pro snímání EMG záznamu byly připojeny svody, plošina kalibrována, zkontrolováno nalepení, uchycení svodů a signál EMG křivky.

Proband byl instruován k maximálnímu vertikálnímu výskoku z výchozí pozice 90° flexe v kolenních kloubech s plně zatíženými ploskami na silové plošině. Ruce měl hráč po celou dobu průběhu testu v bok. Důraz byl kladen na iniciaci pohybu přímo směrem vzhůru bez zhoupnutí se zmenšením flexe v kolenních kloubech. Proband byl celou dobu slovně instruován. Testovanému byla umožněno vyzkoušet si výskok nanečisto.

Samotné měření probíhalo třikrát za sebou, kdy první pokus byl označován jako zkušební, k analýze byl využit druhý pokus. V případě nepoužitelnosti druhé pokusu byl použit k analýze třetí pokus. Po provedení všech tří pokusů byly testovanému odstraněny svody a jednorázové elektrody odlepeny.

4.4 Metodika vyhodnocování výsledků

4.4.1 Analýza EMG záznamu

Analýza EMG záznamu byla v rámci jednoho svalu provedena v klidové fázi a fázi svalové aktivity, ve které byl označen maximální peak vzletové fáze skoku.

Z těchto úseků byly odvozeny hodnoty mean amplitudy, mean frekvence a čas, za který bylo dosaženo maximálních hodnot. EMG signál byl plně retifikován (převezen do absolutních hodnot) a vyhlazen.

Dále byla provedena normalizace amplitudy EMG, která nám umožní kvantifikaci amplitudy signálu. Pro naše účely byla získána klidová hodnota. Výsledek udává poměrové vyjádření o míře aktivity svalu. Data byla dále statisticky zpracována.

4.4.2 Statistické zpracování dat

Ke zpracování dat byl využit program Microsoft Excel a software STATISTIKA (verze 12, Stat Soft, Inc., Tulsa, USA). Byly vypočítány základní statistické veličiny (průměr, medián, maximální hodnota, minimální hodnota a směrodatná odchylka). Pro porovnání mezi jednotlivými skupinami byl použit Mann-Whitneyho a Wilcoxonův test. Hladina statistické významnosti byla stanovena na $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výzkumná otázka 1 (VO1)

VO1: Je rozdíl mezi svalovou aktivitou po ukončení sezóny a na začátku následující sezóny u skupiny probandů U15?

Tabulka 4. Porovnání parametrů aktivity svalů pomocí Wilcoxonova párového testu u sledovaných hráčů U15 na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018

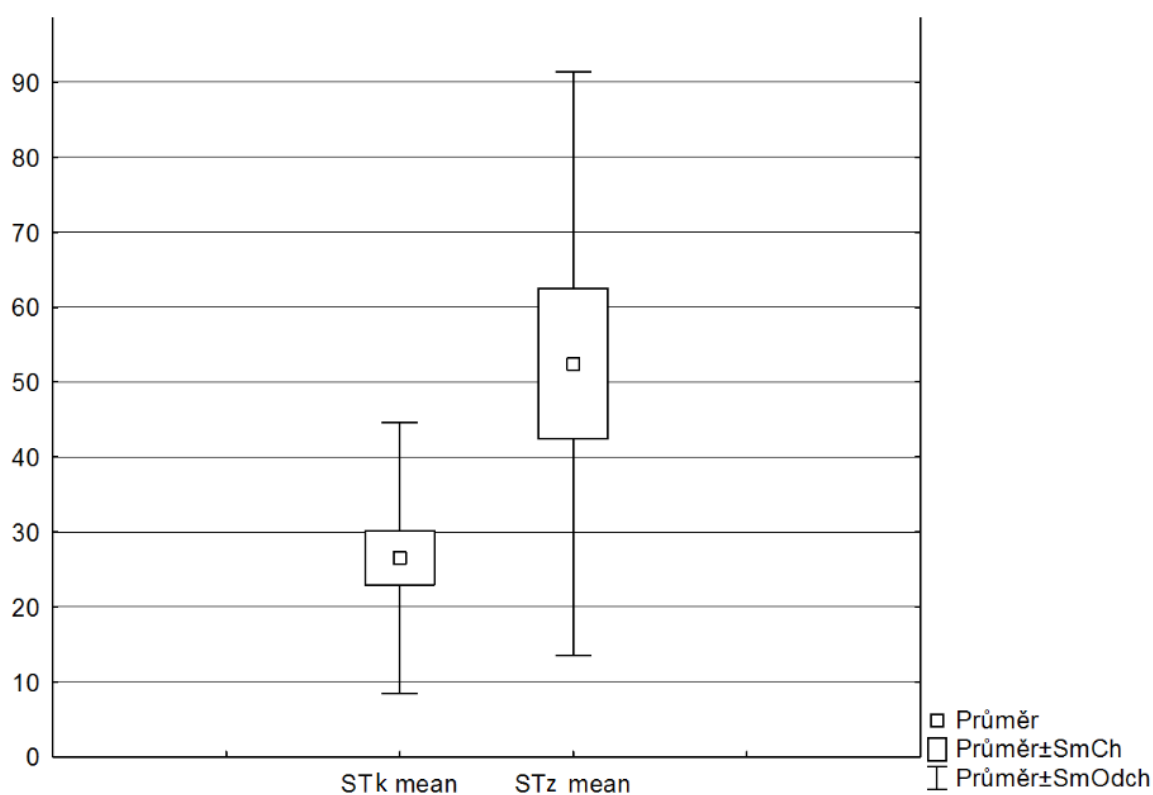
Dvojice proměnných – věk 1 (U15)	T	Z	p-hodnota
GMk čas & GMz čas	32,00000	0,943456	0,345448
GMk mean & GMz mean	30,00000	1,083228	0,278708
GMk mf & GMz mf	27,00000	1,292885	0,196052
BFk čas & BFz čas	40,50000	0,349428	0,726768
BFk mean & BFz mean	37,00000	0,594028	0,552494
BFk mf & BFz mf	43,00000	0,174714	0,861304
STk čas & STz čas	41,00000	0,314485	0,753153
STk mean & STz mean	3,00000	2,970140	0,002977
STk mf & STz mf	30,00000	1,964933	0,049423

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean = mean amplitude – maximální hodnota – peak, mf = mean frekvence – podíl maximálních a klidových hodnot, k = měření na konci sezóny 2016/2017, z = měření na začátku sezóny 2017/2018, p-hodnota = hladina statistické významnosti

Při porovnání aktivity jednotlivých svalů pomocí hodnot: čas – doby potřebné k dosažení nejvyššího peaku, mean amplitude a mean frekvence na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018 Wilcoxonovým párovým testem byl

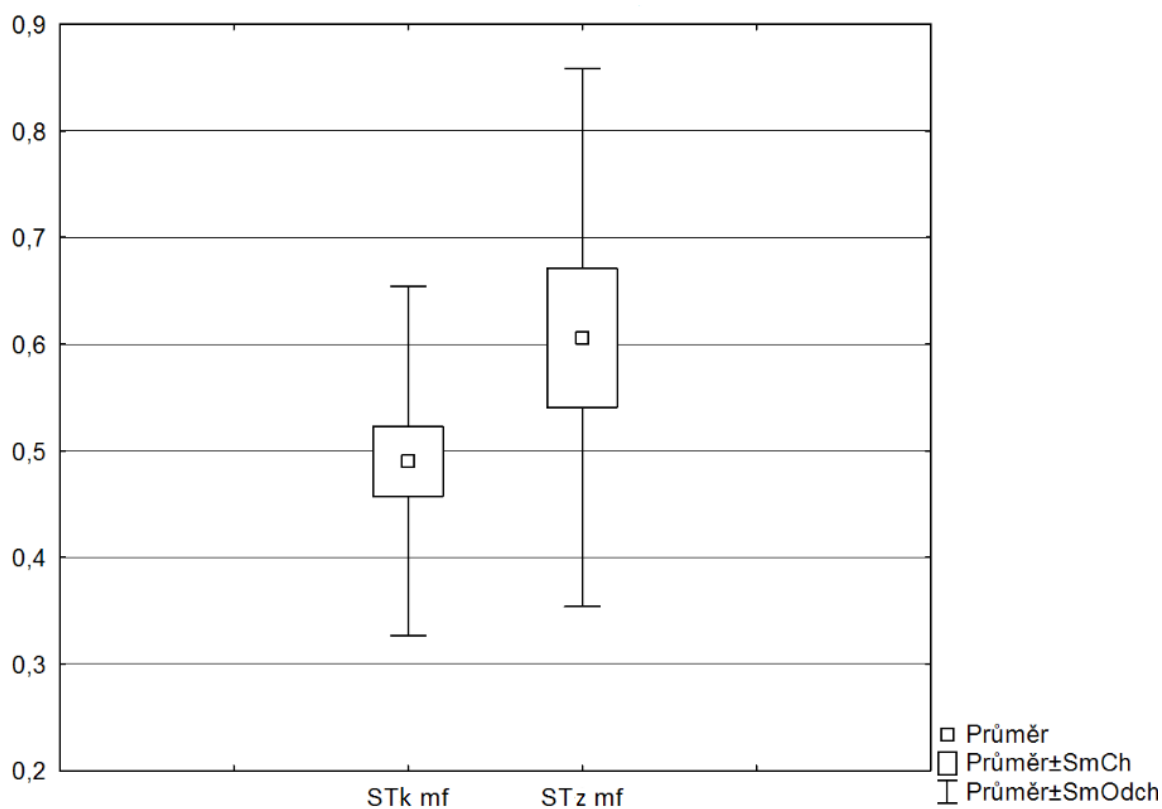
prokázán statisticky významný rozdíl v parametrech mean amplitude u m. semitendinosus a v parametru mean frekvence taktéž u m. semitendinosus.

Statisticky významný rozdíl byl zaznamenány u hodnoty mean amplitude u svalu m. semitendinosus. Hladina statistické významnosti byla 0,002977. Průměrné hodnoty při měření na konci sezóny byly 26,56283 a na začátku následující sezóny 52,43909. Tento vzrůst hodnot u parametru mean amplitude značí, že na začátku sezóny byla u hráčů vyšší míra svalové aktivity tohoto svalu.



Graf 2. Krabicový graf zobrazující rozložení hodnoty mean m. semitendinosus hráčů kategorie U15 na konci sezóny a začátku následující sezóny.

Hodnota mean frekvence (mf) byla vyhodnocena jako statisticky významný rozdíl u m. semitendinosus. Hladina statistické významnosti je 0,049423. U svalu m. semitendinosus vzrostly průměrné hodnoty z 0,49018 na 0,60598.



Graf 3. Krabicový graf zobrazující rozložení hodnot mean frekvence m. semitendinosus hráčů kategorie U15 na konci sezóny a začátku následující sezóny.

Na základě Wilcoxonova párového testu a porovnání hodnot na konci a začátku následující sezóny značí nižší hodnota mf na konci sezóny únavu m. semitendinosus u měřené skupiny jedinců.

U sledovaných basketbalistů U15 jsme zaznamenali rozdíl ve svalové aktivitě m. semitendinosus mezi koncem sezóny 2016/2017 a začátkem sezóny 2017/2018.

5.2 Výzkumná otázka 2 (VO2)

VO2: Je rozdíl mezi svalovou aktivitou po ukončení sezóny a na začátku následující sezóny u skupiny probandů U13?

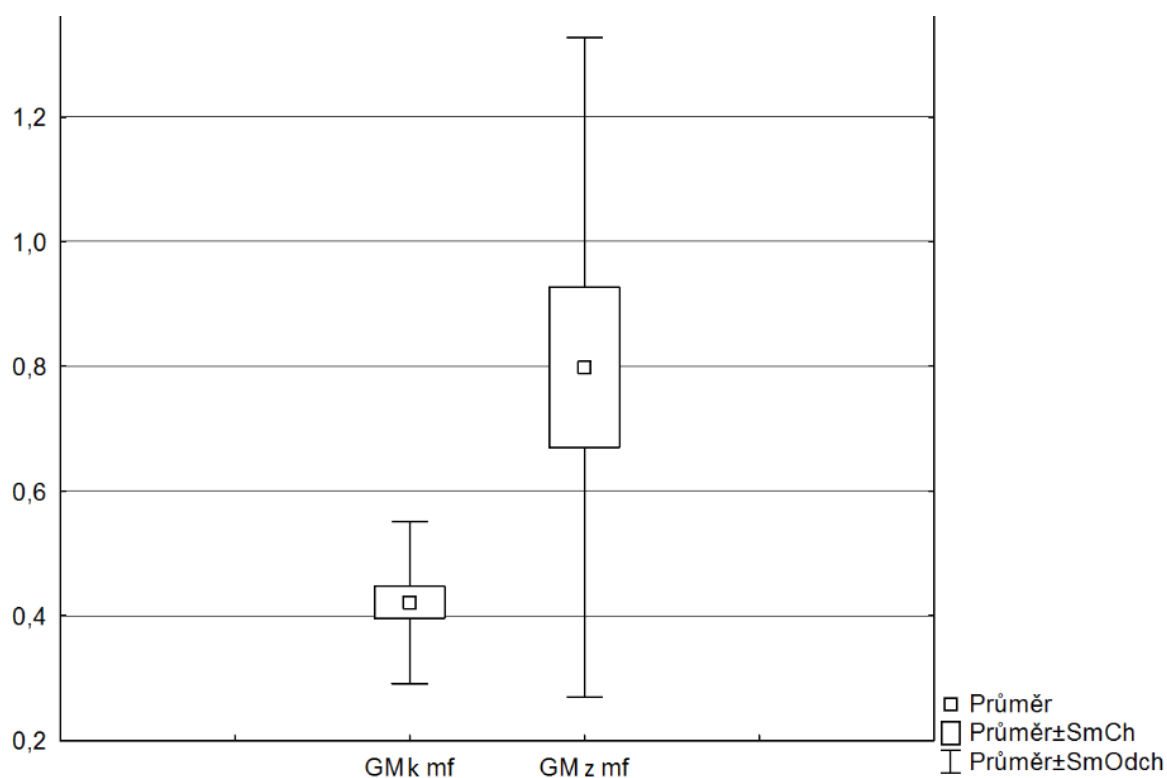
Tabulka 5. Porovnání parametrů aktivity svalů pomocí Wilcoxonova párového testu u sledovaných hráčů U13 na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018

Dvojice proměnných – věk 1 (U13)	T	Z	p-hodnota
GMk čas & GMz čas	45,00000	0,470824	0,637767
GMk mean & GMz mean	25,00000	1,726353	0,084285
GMk mf & GMz mf	19,00000	2,103012	0,035465
BFk čas & BFz čas	41,00000	0,721930	0,470338
BFk mean & BFz mean	52,00000	0,031388	0,974960
BFk mf & BFz mf	25,00000	1,726353	0,084285
STk čas & STz čas	43,00000	0,596377	0,550924
STk mean & STz mean	28,00000	1,538024	0,124044
STk mf & STz mf	27,00000	1,600080	0,109422

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean = mean amplitude – maximální hodnota – peak, mf = mean frekvence – podíl maximálních a klidových hodnot, k = měření na konci sezóny 2016/2017, z = měření na začátku sezóny 2017/2018, p-hodnota = hladina statistické významnosti

Při porovnání aktivity jednotlivých svalů pomocí hodnot: čas – doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean amplitude a mean frekvence na konci sezóny 2016/17 a na začátku sezóny 2017/18 Wilcoxonovým párovým testem byl prokázán statisticky významný rozdíl pouze v parametru mean frekvence u m. gastrocnemius medialis.

U hodnoty mean frekvence byla vyhodnocena jako statisticky významná u *m. gastrocnemius medialis*. Hladina statistické významnosti u *m. gastrocnemius medialis* je 0,035465. Při měření došlo ke vzrůstu průměru o hodnotě 0,40153 z konce sezóny, na hodnotu 0,79819 na začátku následující sezóny. Nárůst hodnoty poukazuje na únavu na konci sezóny.



Graf 3. Krabicový graf zobrazující rozložení hodnot mean frekvence *m. gastrocnemius medialis* hráčů kategorie U13 na konci sezóny a začátku následující sezóny.

U sledované skupiny probandů U13 jsme zaznamenali rozdíl ve svalové aktivitě *m. gastrocnemius medialis* mezi koncem sezóny 2016/2017 a začátkem sezóny 2017/2018.

5.3 Výzkumná otázka 3 (VO3)

VO3: Jaký je rozdíl mezi svalovou aktivitou po ukončení soutěžní sezóny mezi věkovými skupinami U13 a U15?

Tabulka 6. Výsledky Mann-Whitneyova U testu u sledovaných probandů basketbalu kategorie U13 a U15 na konci soutěžní sezóny 2016/2017.

Proměnná	p-hodnota
GMk čas	0,258199
GMk mean	0,471827
GMk mf	0,623360
BFk čas	0,189052
BFk mean	0,277933
BFk mf	0,267941
STk čas	0,267941
STk mean	0,102433
STk mf	0,500421

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean = mean amplitude – maximální hodnota – peak, mf = mean frekvence – podíl maximálních a klidových hodnot, k = měření na konci sezóny 2016/2017, p-hodnota = hladina statistické významnosti

Pro porovnání aktivity mezi kategoriemi U13 a U15 na konci soutěžní sezóny jsme použili Mann-Witneyho U test a nebyly prokázány žádné statisticky významné rozdíly v žádném měřeném parametru u žádného z vybraných svalů.

Mezi sledovanými skupinami basketbalistů U13 a U15 nebyl zjištěn žádný rozdíl mezi svalovou aktivitou na konci sezóny.

5.4 Výzkumná otázka 4 (VO4)

VO4: Jaký je rozdíl mezi svalovou aktivitou před začátkem soutěžní sezóny mezi věkovými skupinami U13 a U15?

Tabulka 7. Výsledky Mann-Whitneyova U testu u sledovaných probandů basketbalu kategorie U13 a U15 na začátku soutěžní sezóny 2017/2018.

Proměnná	p-hodnota
GMz čas	0,180059
GMz mean	0,151293
GMz mf	0,879936
BFz čas	0,979936
BFz mean	0,096602
BFz mf	0,273465
STz čas	0,636903
STz mean	0,011403
STz mf	0,121558

Legenda: GM = m. gastrocnemius medialis, BF = m. biceps femoris, ST = m. semitendinosus, čas = doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean = mean amplitude – maximální hodnota – peak, mf = mean frekvence – podíl maximálních a klidových hodnot, z = měření na začátku sezóny 2017/2018, p-hodnota = hladina statistické významnosti

Pro porovnání aktivity mezi kategoriemi U13 a U15 na začátku soutěžní sezóny jsme použili Mann-Witneyho U test u jednotlivých měřených svalů pro parametry – čas, mean amplitude a mean frekvence.

Při porovnání aktivity svalů mezi věkovými kategoriemi U13 a U15 pomocí parametrů čas, mean amplitude a mean frekvence na začátku sezóny 2017/2018 byl prokázán jako statisticky významný rozdíl parametr mean amplitude u m. semitendinosus. Průměrná hodnoty mean amplitude u m. semitendinosus u kategorie U15 byla 52,43 a u druhé kontrolní skupiny U13 byla 25,43. Z čehož

vyvozujeme, že u kategorie U15 byla vyšší míra svalové aktivity m. semitendinosus na začátku sezóny.

Mezi sledovanými skupinami basketbalistů U13 a U15 byl zjištěn rozdíl mezi svalovou aktivitou m. semitendinosus v parametru mean amplitude – maximální hodnota – peak na začátku sezóny 2017/2018.

6 DISKUZE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit svalovou aktivitu vybraných flexorů kolenního kloubu preferované dolní končetiny v průběhu odrazové fáze maximálního vertikálního výskoku pomocí SEMG u hráčů basketbalu věkové kategorie U13 a U15 v průběhu sezóny, respektive na konci sezóny 2016/2017 a začátku následující sezóny 2017/2018.

Basketbal je komplexní sport, kdy jsou na hráče kladeny vysoké nároky, na jeho anaerobní výkon, rychlost lokomoce a explozivní sílu dolních končetin (Lehnert et al., 2014). Tyto dovednosti se v průběhu celé sezóny, ale i samotného utkání a tréninku mění. Nedostatečná fyzická připravenost se projeví v rychlejší únavě a zhoršení kvality pohybových dovedností hráče (Salatkaité et al., 2016). Změna neuromuskulárního řízení má vliv na předaktivaci svalů a změnu kompenzačních strategií. Nejvíce se projeví při obratnostních a rychlostních pohybových aktivitách (Macháček & Radvanský, 2011). Dále se snižuje propiocepce, posturální kontrola a může se objevit až třes (Gandevia, 2001).

Díky monitorování aktuálního stavu jedince jsme schopni porozumět výkonnosti hráče, jeho připravenosti a predilekci zranění. V praxi jsou využívány skokové protokoly, opakované sprinty nebo se pozoruje reakce autonomního nervového systému na zátěž (Thorpe, Aktinson, Drust & Gregson, 2017, Cooper et al., 2018). Pro hodnocení aktuálního stavu neuromuskulárního řízení jsme v naší studii použili jeden ze skokových testů – squat jump. Tento test bývá využit k hodnocení výbušné síly dolních končetin, nicméně v této práci nebyly využity data ze silové plošiny, na které byl výskok prováděn. Hodnotili jsme pouze elektromyografickou aktivitu vybraných flexorů kolene při tomto pohybu.

Minshull, Eston, Rees a Gleeson (2012) popisují, že právě flexory kolenního kloubu podléhají více únavě oproti extenzorům tohoto kloubu. Při vertikálním výskoku je na kolenní kloub vyvinuta síla až čtyřnásobku tělesné hmotnosti jedince a při nedostatečné absorpci a stabilizaci kloubu, dochází k nefyziologickému zatížení (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012). Zvyšuje se tak míra rizika zranění.

Autoři (Sánchez-Jover & Gómez, 2017; Lewis, 2018) se shodují, že nejčastějším typem poranění je podvrtnutí a kontuze. V predilekčních místech se však mírně liší. Owwoeye, Akodu, Oladokun a Akinbo (2012) uvádí jako nejčastější poranění kolene. Sánchez-Jover a Gómez (2017) jako nejčastější zranění podvrtnutí hlezenního kloubu, následně poranění kloubů ruky a až na třetím místě poranění kolenního kloubu. Nicméně většina autorů se shoduje na nejčastějším výskytu na dolní končetině.

Hodnocením elektromyografického záznamu při vertikálním výskoku se zabývali Bobberty a van Ingen Schenau, (1988) Čoh, Živković a Žvan (2016), kdy se shodují na zapojení svalů dolní končetiny proximo-distálně. EMG analýza při vertikálním výskoku ukázala sekvenci zapojení svalů v pořadí: m. semitendinosu, m. biceps femoris, m. gluteus maximus, m. vastus medialis, m. rectus femoris, m. soleus, m. gastrocnemius. Hlavními producenty energie je m. gluteus maximus a mm. vastii. M. gastrocnemius se podílí až na 25 % celkového výkonu při vertikálním výskoku a má především funkci dynamickou, oproti m. soleus, který se uplatňuje především při posturálním zajištění (Dylevský, 2009; Pandy & Zajac, 1991). Důležitá je rovnováha mezi destabilizujícími a stabilizujícími silami (Sell et al, 2018). Není-li kloub v centrovaném postavení, dochází k nefyziologickému napětí, změně aferentace a neoptimálnímu timingu zapojení svalů během pohybu (Honová, 2013). Účinnost excentricko-koncentrické reakce je závislá na před-aktivaci svalů, což následně ovlivňuje počet vytvoření svalových můstků a změnu dráždivosti α -motoneuronů (Čoh, Živković & Žvan, 2016).

Pro objektivizaci změn zapojení svalů při vertikálním výskoku jsme využívali záznam SEMG. Porovnávali jsme jednotlivé parametry jako čas, doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean amplitude, a mean frekvence. Pomocí SEMG jsme schopni zachytit svalovou únavu, dříve než by došlo k poklesu mechanické síly svalů a tedy vyčerpání substitučních mechanismů. Na záznamu EMG při únavě pozorujeme zvýšení amplitudy a posun frekvenčního spektra k nižším frekvencím (Winter, 2009; Krobot & Kolářová, 2011).

První výzkumná otázka práce hodnotí rozdíl svalové aktivity na konci sezóny 2016/2017 a na začátku sezóny 2017/2018 u basketbalistů věkové kategorie U15.

Při porovnání výsledků na konci sezóny a před sezónou byly prokázány statisticky významné rozdíly u svalu m. semitendinosus a to v parametru mean amplitude. Došlo ke vzrůstu hodnot a na začátku sezóny byla vyšší míra aktivity tohoto svalu než na konci předcházející sezóny. Dále vzrostla i hodnota mean frekvence, z čehož usuzují, že na konci sezóny je u mladých basketbalistů U15 vyšší únava a predilekčním místem je m. semitendinosus, jež iniciuje vertikální výskok (Bobberty & van Ingen Schenau, 1988). Druhá výzkumná otázka hodnotila stejné rozdíly, ale u skupiny basketbalistů U13. U žádného z měřených parametrů u m. semitendinosus nebyl oproti starším kolegům statisticky významný rozdíl na konci a začátku sezóny. Jediným statisticky významným parametrem, který poukazuje na únavu na konci sezóny, je vzrůst hodnoty mean frekvence u m. gastrocnemius medialis.

Hlavní sezóna trvá šest až osm měsíců (Dobry & Velenský, 1980). Proto je velice náročné udržet vysokou sportovní připravenost hráčů po celou dobu soutěžního období s ideálně dalším zlepšením výkonnosti na vrchol sezóny. Sánchez-Jover a Gómez (2017) uvádí, že nejvíce zranění vzniká v poslední třetině sezóny. Willmannová (2017) uvádí zlepšení výkonnosti mladých basketbalistů v polovině sezóny oproti začátku. Vycházela z hodnocení EMG flexorů kolenního kloubu při vertikálním výskoku, kdy došlo statisticky ke zvýšení hodnot maximálního peaku všech měřených svalů u skupiny U13 i U15.

Podrobnějším rozložením vzniku zranění v průběhu sezóny se zabýval Caparrós, Casals, Solana a Peña (2018), kdy jejich výzkumný soubor čítal dohromady 2577 hráčů NBA. Nejvyšší výskyt zranění byl v prosinci a březnu. Sezóna začíná v říjnu a končí v dubnu. Závěr a vrchol sezóny byl bez jakéhokoli zranění. Co se týče vztahu mezi kumulací únavy v průběhu sezóny a výskytem zranění, bylo provedeno mnoho studií, nicméně nelze jednoznačně z výsledků určit vždy platné závěry. V epidemiologickém výskytu hraje roli úroveň soutěže sportovního týmu a pohlaví. Deitch, Starkey, Walters a Bruce (2006) došli k závěru, že nejnáchylnější je kolenní kloub a to u profesionálních basketbalistek.

Vzhledem k nedostatečnému počtu děvčat ve výzkumném souboru jsem nezkoumala rozdíly mezi pohlavími a pět dívek bylo zařazeno do své věkové skupiny

(U13) mezi chlapce. Domnívám se, že pohlaví nemělo vliv na konečný výsledek změn svalové aktivity vybraných svalů v průběhu sezóny. Domněnka se opírá o již provedené studie, které se zabývaly právě touto problematikou u basketbalistů v období růstu a zrání. Owoeye, Akodu, Oladokun a Akinbo (2012) nepozorovali signifikantně významné rozdíly ve výskytu poranění v průběhu basketbalové sezóny mezi dívkami a chlapci. Potvrzují tedy výsledky studie (Rozzi, Lephart & Freddie, 1999), kde v důsledku svalové únavy došlo k poklesu propriocepce a změně neuromuskulárního řízení u obou pohlaví a nepotvrdil se vliv rozdílu laxicity vaziva na vzniku poranění.

Willmannová (2017) porovnávala změny v aktivitě svalů pomocí EMG mezi chlapci a děvčaty stejné kategorie (U13) během basketbalové sezóny, kdy nebyly rozdíly v naměřených parametrech statisticky významné, pouze na začátku sezóny byl statisticky významný rozdíl při hodnocení frekvenční analýzy pro m. biceps femoris. Z čehož autorka usuzovala, že únava se více projeví u dívek. Nicméně výzkumný soubor čítal 20 chlapců a pouze 6 dívek. Havlíček (2018) porovnával hráče basketbalu (U15) s hráčkami házené (U15) a na konci sezóny byly významné rozdíly na EMG záznamu v parametru mean frekvence (nižší hodnota u hráčů basketbalu). Autor uvádí, že basketbalisté věkové kategorie U15 jsou oproti opačnému pohlaví hrajícímu házenou vystaveni vyššímu riziku poškození kolenního kloubu, zejména předního zkříženého vazy, vzhledem ke změnám neuromuskulárního řízení hamstringů. Vliv pohlaví na změnu neuromuskulárního řízení v průběhu sezóny by bylo vhodné prozkoumat na větším výzkumném souboru u hráčů a hráček totožného sportu. Neboť již v 11 letech dochází k výrazné sexuální diferenciaci somatických parametrů a při přípravě mladých sportovců, by k tomuto faktu mělo být přihlíženo (Kutáč, 2017).

Při porovnání svalové aktivity po ukončení sezóny jsme nezjistili žádný rozdíl mezi věkovými kategoriemi. Ze studií zabývajících se odolností vůči únavě vyplývá, že nejlepší regenerace je v mládí a s přibývajícím věkem se zhoršuje. Piponnier a kolektiv (2018) uvádí, že skupina chlapců ve věku 9-11 let odolává periferní únavě lépe oproti mužům (18-30 let). Tento rozdíl autoři přisuzují mimo jiné změně typu svalových vláken v průběhu života a s ním spojenou změnou metabolismu, dále pak změnou

neuromuskulárního řízení (Dipla et al., 2009). Rozdíl mezi skupinou třináctiletých a patnáctiletých není se týče fyziologických změn dostatečně velký na to abychom jej při měření zjevně pozorovali.

Při sledování aktivity svalů mezi věkovými kategoriemi U13 a U15 pomocí parametrů čas, mean amplitude a mean frekvence na začátku sezóny 2017/2018 byl prokázán jako statisticky významný rozdíl v parametru mean amplitude u m. semitendinosus. Průměrné hodnoty mean amplitude u m. semitendinosus u kategorie U15 byly vyšší než u druhé kontrolní skupiny U13. U kategorie U15 byla vyšší míra svalové aktivity m. semitendinosus na začátku sezóny.

U žádné skupiny nedošlo ke změně intramuskulární koordinace vzhledem k hodnotě času, době potřebné k dosažení maximálního peaku. Nedošlo ke statisticky významnému prodloužení této doby, jež by naznačovala prodloužení časového intervalu potřebného k dosažení maxima na konci sezóny. Právě prodloužení této doby zvyšuje riziko možnosti poranění (Rozzi, Lephart & Freddie, 1999). Studie zabývající se výskytem zranění u dospělých profesionálních basketbalistů v Nigérii ukázala 0,7 zranění na zápas (Akinbo, Odebiyi & Adebayo, 2008). U dospívajících mezi 15 až 18 lety je incidence vyšší a to 1,1 zranění na zápas u chlapců a 0,9 zranění na zápas u dívek (Owoeye, Akodu, Oladokun & Akinbo, 2012). Lewis (2018) pozoroval výskyt zranění u hráčů NBA od roku 2012 do roku 2015. Pozorovali vliv únavy na riziko zranění. Zjistili, že každých odehraných 96 minut zvyšuje pravděpodobnost zranění o 2,87%. Oproti tomu den odpočinku snižuje riziko o 15,96%. 56,8% hráčů (n=796 z n=1401) mělo za sledované období nejméně jedno zranění vzniklé při tomto sportu.

Riziko vzniku poranění zahrnuje několik faktorů – záleží zejména na aktuální neuromuskulární kondici, náchylnosti k únavě a schopnostem využití náhradních mechanismů. Díky schopnosti adaptace dochází k minimalizaci a oddálení únavy (Gandevia, 2001; Minshull, Eston, Rees & Gleeson, 2012). Je třeba určit míru a postupné zvyšování zátěže pro tyto mladé sportovce. Bernner (2016) ve svém článku píše, že 46% až 50% poranění u mladých sportovců je způsobeno z přetížení. O'Sullivan (2013) uvádí, že až 70% dětí končí s organizovanou sportovní činností do 13 let věku. U trénovaných jedinců je však rychlost metabolické regenerace rychlejší a

vyšší aerobní kapacita jedince má přímý vliv na rychlejší regeneraci a zvyšuje odolnost proti kumulaci únavy (Short & Sedlock, 1997).

Sledováním svalové aktivity a jejím kolísáním v dlouhodobějším časovém horizontu u basketbalistů během růstu a zrání se již věnovala ve své práci Willmannová (2017), která posuzovala změny mezi začátkem a polovinou soutěžní sezóny v rámci tříletého projektu zaměřeného na kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců. Tato práce je pokračováním, avšak výsledky těchto dvou měření nepotvrzují zatím domněnky autorky. Na tuto práci budou navazovat další měření a při komparaci všech dat na konci celého výzkumu společně se spojením s výsledky z jiných stanovišť, které jsou součástí výzkumu, budou autoři schopni vyvodit platné zákonitosti v této problematice. Což napomůže nejen trenérům v optimalizaci tréninkového zatížení v rámci týdenních, sezónních, ale i dlouhodobějších cyklů.

Mezi limity výzkumu bych zařadila nalepování elektrod více vyšetřujícími. Pro minimalizaci rozdílné lokalizace byli všichni proškoleni. Místa, kde byly elektrody lepeny nebyla holena. Při testování měli probandí připevněný kolem pasu přístroj a okolo těla vedly k elektrodám drátky, což mohlo omezit a mírně ovlivnit kvalitu výskoku jedince.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo porovnat aktivitu vybraných flexorů kolenního kloubu na konci a začátku následující soutěžní sezóny u basketbalistů věkové kategorie U13 a U15 pomocí EMG. Pro hodnocení aktivity byly použity parametry čas – doba potřebná k dosažení nejvyššího peaku, mean amplitude a mean frekvence.

1. U věkové kategorie U15 byly zaznamenány statisticky významné rozdíly pouze u m. semitendinosus v parametru mean amplitude, který značí vyšší míru aktivity tohoto svalu na začátku sezóny. Nižší hodnota parametru mean frekvence na konci sezóny naznačuje únavu.

2. U věkové kategorie U13 nebyly zaznamenány žádné statisticky významné změny u m. semitendinosus oproti starším kolegům. Zaznamenali jsem rozdíl mezi koncem 2016/2017 a začátkem sezóny 2017/2018 v parametru mean frekvence u m. gastrocnemius medialis, hodnota na konci sezóny byla nižší, což poukazuje na únavu na konci sezóny.

3. Mezi sledovanými skupinami basketbalistů U13 a U15 jsme nezjistili žádný statisticky významný rozdíl mezi svalovou aktivitou vybraných svalů na konci sezóny. Z toho usuzujeme, že obě skupiny podléhají únavě nastřádané za celou sezónu shodně.

4. Na začátku sezóny 2017/2018 při porovnání věkových skupin byla zjištěna vyšší míra svalové aktivity u m. semitendinosus u basketbalistů skupiny U15. Vyšší průměrná hodnota mean amplitude na začátku sezóny může značit lepší zotavení po letní pauze oproti druhé skupině.

Z těchto dvou měření nejsme schopni vyvodit platné závěry, které by potvrzovali rozdíl svalové aktivity flexorů kolenního kloubu mezi věkovými kategoriemi v průběhu sezóny.

8 SOUHRN

Tato diplomová práce hodnotila změny aktivity vybraných svalů kolenního kloubu preferenční dolní končetiny při vertikálním výskoku v průběhu basketbalové sezóny. Výzkumný soubor tvořilo 25 hráčů basketbalu kategorie U15 a 20 hráčů a hráčů kategorie U13. Měření probíhalo na konci sezóny a začátku následující soutěžní sezóny.

V teoretické části diplomové práce jsou shrnuty poznatky o fyzických předpokladech a základních dovednostech nutných pro basketbal a rizika zranění spojená s touto disciplínou. Práce zahrnuje kineziologii a biomechaniku vertikálního skoku, základní informace o EMG a funkční kineziologii kolenního kloubu.

Výzkumná část diplomové práce porovnává změny svalové aktivity m. gastrocnemius medialis, m. biceps femoris a m. semitendinosus pomocí EMG, kdy byly vyhodnocovány parametry čas, mean amplitude a mean frekvence. Je zde podrobně popsána metodika výzkumu, výzkumný soubor a výzkumné otázky.

Z výsledků uvedených v této práci vyplývá, že na konci sezóny není rozdíl v neuromuskulárním řízení mezi skupinami. Obě skupiny podléhají únavě nastřádané za celou sezónu podobně. Na začátku sezóny byla pozorována vyšší míra svalové aktivity m. semitendinosus u skupiny U15. U skupiny basketbalistů U15 jsme zaznamenali rozdíl ve svalové aktivitě m. semitendinosus mezi koncem a začátkem sezóny, kdy hodnota mean frekvence naznačuje známky únavy na konci sezóny. U skupiny U13 jsme pozorovali změnu u m. gastrocnemius medialis, taktéž v parametru mean frekvence.

9 SUMMARY

This master's thesis assessed changes of the activity of the selected knee-joint muscles of the preferential leg during the vertical jump over the course of a basketball season. The research set consisted of 25 male basketball players of the U15 category and 20 players (both female and male among them) of the U13 category. The measuring was carried out at the end of one season and at the beginning of the following competition season.

The theoretical part of the master's thesis summarizes knowledge related to physical abilities and essential skills necessary for basketball and risks associated with this kind of sport. The thesis includes kinesiology and biomechanics of the vertical jump, basic information on EMG and functional kinesiology of the knee joint.

The research part of the master's thesis compares changes of the muscle activity of *m. gastrocnemius medialis*, *m. biceps femoris* and *m. semitendinosus* by means of EMG with the evaluated parameters of time, mean amplitude and mean frequency. The research technique, research set and research questions are described in detail here.

The results presented in this thesis demonstrate that at the end of a season there is no difference in the neuromuscular control between the groups. Both groups are subject to fatigue accumulated over the whole season in a similar way. At the beginning of a season, a higher degree of the muscle activity of *m. semitendinosus* in the U15 group was observed. In the group of U15 basketball players, we registered a difference in the muscle activity of *m. semitendinosus* between the end and the beginning of a season – the value of the mean frequency shows signs of fatigue at the end of a season. In the U13 group, we observed a change in *m. gastrocnemius medialis*, also in the parameter of mean frequency.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

Akinbo, S., Odebiyi, D., & Adebayo, A. (2008). Pattern of musculoskeletal injuries in professional basketball league in Nigeria. *The internet Journal of Rheumatology*. 5 (1), 87–88.

Anonymus. (2017). Official basketball rules 2017. Retrieved 30.3.2018 from the World Wide Web: <http://www.fiba.basketball/OBR2017/yellowblue/Final.pdf>.

Bobbert, M., Gerritsen, K., Litjens, M., & Van Soest, A. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine Sciences Sports Exercies*. 28, 1402–1412.

Bobberty, M., & van Ingen Schenau, G. (1988). Coordination in vertical jumping [Abstract]. *Journal of Biomechanics*. 21 (3), 249-262.

Brenner, J. (2016). Sports Specialization and Intensive Traininh in Young Athletes. *Pediatrics*. 138 (3), 1-10.

Caporrós, T., Casals, M., Solana, Á. & Peña, J. (2018). Low External Workloads Are Related to Higher Injury Risk in Professional Male Basketball Games. *Journal od Sports Science and Medicine*. 17, 289-297.

Cooper, Ch., Dabbs, N., Davis, J. & Sauls, N. (2018). Effects of lower-body muscular fatigue on vertical jump and balance performance. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 00(00), 1-8.

Čihák, R. (2001). *Anatomie*. Praha: Grada.

Dal Pupo, J., Dias, J., Gheller, R., Detanic, D., & Santos, S. (2013). Stiffness, intralimb coordination, and joint modulation during a continous vertical jump test. *Sports Biomechanics*. 12 (3), 259-271.

Deitch, J., Starkey, Ch., Walters, S., & Bruce, M. (2006). Injury Risk in Professional BasketballPlayers A Comparison of Women'sNational Bask

etball Association and National Basketball Association Athletes. *American Journal of Sports Medicine*. 34 (7), 1077-1083.

Dipla, K., Tsirini, T., Zaferidis, A., Manou, V., Dalamitros, A., Kellis, E., & Kellis, S. (2009). *Eur J Appl Physiol*. 106. 645-653.

Dobrý, L. & Velenský, E. (1980). *Košiková: teorie a didaktika*. Praha: Avicenum.

Doherty, C., & Delahunt, E. (2014). Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain. *Human Movement Science*. 38, 34-46.

Doherty, C., Bleakley, Ch., Hertel, J., Caulfield, B., Ryan, J., Sweeney, K., Patterson, M., & Delahunt, E. (2015). Coordination and Symmetry Patterns During the Drop Vertical Jump, 6-Months, After First-Time Lateral Ankle Sprain. *Journal of Orthopedic Research*. 1-8.

Domire, Z. & Challis, J. (2015). Maximum height and minimum time vertical jumping. *Journal of Biomechanics*. 48, 2865-2870.

Domire, Z., & Challis, J. (2010). An induced energy analysis to determine the mechanism for performance enhancement as a result of arm swing during jumping. *Sports Biomech*. 9, 38-46.

Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Praha: Grada Publishing.

Ericsson, K. (2013) Training history, deliberate practice and elite sports performance: an analysis in response to Tucker and Cillins review-what makes champions? *Br J Sports Med*. 47 (9), 251-257.

Ernlund, L., & de Almeida Vieira, L. (2017). Hamstring injuries: update article. *Rev Bras Ortop*. 52 (4), 373-382.

Gajdošíková, Z. (2012). *Regenerace a výživa v závislosti na ročním tréninkovém plánu basketbalistů*. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Fakulta sportovních studií, Olomouc.

Hank, M., Zahálka, F., & Malý, T. (2012). Porovnání vertikálního výskoku z místa s z rozběhu u elitních basketbalistů. *Česká kinantropologie*. 16 (3), 101-109.

Chaloupka, R. et al. (2001). *Vybrané kapitoly z LTV v ortopedii a traumatologii*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně.

Jayanthi, N., Pinkham, C., Dugas, L., Patrick, B., & Labella, C. (2013). Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations. *Sports Health*. 5(3), 251–257.

Kapandji, A. I. (1998). *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints. Volume 2, Lower limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Kapandji, A. I. (1998). *The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints. Volume 2, Lower limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Kay, R. (2016) *Anatomy of a Vertical Jump*. Retrieved 26.3.2018 from the World Wide Web: <https://prezi.com/v9aqtcpozahmp/anatomy-of-a-vertical-jump/>.

Kim, K. (2017). Analysis of Changes in Stride Length, Time, and Electromyography Finding Depending on Athletic Crouch Start Method. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 27(1), 75-81.

Kutáč, P. (2017). Longitudinální sledování změn somatických parametrů dětí v období dospívání. *Česko-slovenská pediatrie*. 72 (7), 421-428.

Kwon, O., Choi, H., Yi, Ch., & Kwon, H. (1998). The Effects of Knee and Ankle Muscles Surrounding the Knee and Ankle Joints of One-Leg Static Standing Balance. *J. Phys. Ther. Sci*. 10 (1). 7-12.

Lee, J. (2013) Tutorial of surface electromyography Part 2: Processing. Retrieved 28.3.2018 from the World Wide Web: <http://dyros.snu.ac.kr/tutorial-of-surface-electromyography-part-2processing/>

Lehnert, M., Hůlka, K., Toth, L., & Malý, T. (2014). Změny výbušné síly u profesionálních basketbalistů po absolvování šestitýdenního tréninkového cyklu s plyometrickým tréninkem a tréninkem s doplňkovými odpory. *Motorika člověka, tělesná výkonnost*. 37 (2), 9-25.

Lewis, M. (2018). It's a Hard-Knock Life: Game Load, Fatigue, and Injury Risk in the National Basketball Association. *Journal of Athletic Training*. 53(5), 503-509.

Lim, G., & Chang, J. (2018). The effects of muscle fatigue of knee muscles on balance ability in healthy adults [Abstract]. *Journal of Korean Medicine Rehabilitation*. 28 (2), 105-111.

Mackala, K., Stodółka, J., Siemiński, A., & Coh, M. (2013). Biomechanical analysis of squat jump and countermovement jump from varying starting positions.

Madžar, T., Milošević, M., Hrbač, P., & Heningsberg, N. (2017). Psychological aspects of sports injuries among male professional soccer players in Croatia. *Kinesiology*. 49 (1), 84-91.

Malone, J., Murtagh, C., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J., & Drust, B. (2015). Countermovement jump performance is not affected during an inseason training microcycle in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 29(3), 752–757.

Márzková, J. (2010). *Tréninkový deník basketbalového trenéra* (bakalářská práce).

Mayer, M., & Smékal, D. (n. d.). Neuromuskulární kontrola a rehabilitace u léze předního zkříženého vazů. Retrieved 9. 4. 2018 from the World Wide Web: <http://www.ftk.upol.cz/dokumenty/kfa/rehabilitace.doc>

Meeuwisse, W., & Sellmer, R. (2003). Rates and Risks of Injury during Intercollegiate Basketball. *Am J Sports Med*, 31(3), 379-385.

Minshull, C., Eston, R., Rees, D., & Gleeson, N. (2012). Knee joint neuromuscular activation performance during muscle damage and superimposed fatigue. *Journal of Sport Sciences*. 30 (10). 1015-1024.

Nagano, A., Komura, T., Fukashiro S., & Himeno, R. (2005) Force work and power out of lower limb muscles during maximal-effort countermovement jumping. *J Electromyogr Kinesiol*. 15 (4), 367-376.

O'Sullivan J. (2013). *Changing the Game*. New York, NY: Morgan James Publishing.

Owoeye, O., Akodu, A., Oladokun, B., & Akinbo, S. (2012). Incidence and pattern of injuries among adolescent basketball players in Nigeria. *Sport Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*. 15 (4), 2-5.

Paul, D., Nassis, G., Whiteley, R., Marques, J., Kenneally, D., Chalabi, H. (2014). Acute responses of soccer match play on hip strength and flexibility measures: potential measure of injury risk. *J Sports Sci*. 32(13), 1318–1323.

Piponnier, E., Martin, V., Bontemps, B., Chalchat E., Julian, V., Bocock, O., Duclos, M., & Ratel, S. (2018). Child-adult difference in neuromuscular fatigue are muscle dependent. *Journal of Applied Physiology, American Physiological Society*. 125 (4), 1246-1256.

Podškubka, A. (2005). Koleno. In P. Dungl. *Ortopedie*. Praha: Grada.

Prilutsky, B. (2000). Coordination of two-and one-joint muscles: functional consequences and implications for motor control. *Motor Control*. 4, 1–44.

Rodano, R., Squadrone, R., & Mingrino, A. (1996). Gender differences in joint moment and power measurements during vertical jump exercises. 308-310.

Rose, M., Emery, C., & Meeuwisse, W. (2008). Sociodemographic predictors of sport injury in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 40 (3), 444-450.

Samozino, P. & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*. 41 (14), 2940-2945.

Sanchez-Jover, F., & Gomez, A. (2008). Epidemiología de las lesiones deportivas en baloncesto. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 8(32), 270-281.

Sánchez-Jover, F., & Gómez, A. (2017). Training habits, motivation, quality of life and sport injuries in 12 to 15 years old basketball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(3), 760-774

Sell, T., Lovalekar, M., Nagai, T., Wirt, M., Abt, J., & Scott, L. (2018). Gender Differences in Static and Dynamic Postural Stability of Soldiers in the Army's 101st Airborne Division. *Journal of Sport Rehabilitation*. 27, 126-131.

Sharma, H., Gandhi, S., Meitei, K., Dvivedi, J., & Dvivedi, S. (2017). Anthropometric Basis of Vertical Jump Performance: A Study on Young Indian National Players. *Journal of Clinical and Research*. 11 (2), 1-5.

Short, K. R., & Sedlock, D. A. (1997). Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol*. 83(1), 153-159.

Struzik, A., Pietraszewski, B., & Zawadzki, J. (2014). Biomechanical Analysis of the Jump Shot in Basketball. *Journal of Human Kinetics*. 42, 73-79.

van Beijsterveldt, A.M., van de Port, I.G., Krist, M.R., Schmikli, S.L., Stubbe, J.H., Frederiks, J.E., & Backx, F.J. (2012). Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: A cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 46(16), 1114-1118.

Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The Difference Between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms With Practical Applications. *Journal of Strength and Condition Research*. 31 (7), 2011-2017.

Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha: Triton.

Willmannová, H. (2017). *Hodnocení svalové aktivity u basketbalistů věkové kategorie 13 a 15 let při opakovaných měření v průběhu sezóny* (diplomová práce).

Winter, D. A. (c2009). *Biomechanics and motor control of human movement* (4th ed). Hoboken, N.J.: John Wiley.

Yang, J., Marshall, S., & Bowling, J. (2005). Use of discretionary protective equipment and rate of lower extremity injury in high school athletes. *Am J Epidemiol* 2005, 161:511–519.

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 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 Eifmark**

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

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

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

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

razítko fakulty

Příloha 2. Souhlas zákonného zástupce

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 důvěrností 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:

