

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

ZMĚNY SVALOVÉ SÍLY U FOTBALISTŮ U16 PO ABSOLVOVÁNÍ SPECIFICKÉHO
ÚNAVOVÉHO PROTOKOLU

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Kateřina Kamínková, Trenérství a sport

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

Olomouc 2016

Jméno a příjmení autora: Kateřina Kamínková
Název diplomové práce: Změny svalové síly u fotbalistů U16 po absolvování specifického únavového protokolu
Pracoviště: Katedra sportu, FTK UP Olomouc
Vedoucí diplomové práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.
Rok obhajoby diplomové práce: 2016

Abstrakt: Cílem bakalářské práce je posoudit změnu izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a reaktivní síly po absolvování specifického únavového protokolu. Měření se zúčastnili hráči fotbalu U16 (n=20; věk $M=15,7\pm 0,5$ let, tělesná hmotnost $M=67,28\pm 8,29$ kg; tělesná výška $M=177,75\pm 6,61$ cm). Izokinetická síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla měřena na izokinetickém přístroji Isomed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) v úhlových rychlostech $60^\circ/s$ a $180^\circ/s$ v koncentrickém a excentrickém režimu. Reaktivní síla byla posuzována prostřednictvím indexu reaktivní síly (RSI). RSI byl měřen na základě testu maximálních skoků pomocí opticky měřícího zařízení Optojump next (Microgate, Bolzano, Italy). Po absolvování únavového protokolu nebyla zjištěna statisticky významná změna maximálního momentu síly v koncentrické a excentrické svalové síle. Naopak, došlo k statisticky významnému ($p<0,05$) zvýšení indexu reaktivní síly po absolvování únavového protokolu. Výsledky studie jednoznačně nepotvrdily zhoršení svalových a nervosvalových funkcí u sledovaných skupin fotbalistů po absolvování únavového protokolu.

Klíčová slova: reaktivní síla, izokinetika, fotbal, ACL, zranění kolene

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Jméno a příjmení autora: Kateřina Kamínková
Název diplomové práce: Changes in muscle strength of soccer players U16 after a Specific Fatigue Protocol
Pracoviště: The Department of Sport, FTK UP Olomouc
Vedoucí diplomové práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.
Rok obhajoby diplomové práce: 2016

Abstract: The aim of this study is to assess the change in isokinetic muscle strength of the knee flexors and extensors after completed specific fatigue protocol. U16 soccer players participated in measurement (n=20; age $M=15.7\pm 0.5$ years, body weight $M=67.28\pm 8.29$ kg; body height $M=177.75\pm 6.61$ cm). The isokinetic strength of flexors and extensors was measured on the isokinetic dynamometer Isomed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) in angular velocity $60^\circ/s$ and $180^\circ/s$ in concentric and eccentric regimes. Reactive strength was assessed through a reactive strength index (RSI). The RSI was measured using a test of maximal hopping through an optical measuring device Optojump next (Micrograte, Bolzano, Italy). A statistically significant peak torque (PT) change was not found after completing specific fatigue protocol in concentric and eccentric muscle strength. In contrast, there was a statistically significant index increase of reactive strength ($p<0.05$) after completing the specific fatigue protocol. The results of this study did not clearly confirm the decrease of the muscular and neuro-muscular function of the monitored soccer players after completing the specific fatigue protocol.

Key words: reactive strength, isokinetics, soccer, ACL, knee injury

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

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

V Olomouci dne 30. června 2016

.....

Děkuji vedoucímu práce doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za pomoc, individuální přístup a cenné rady, které mi poskytl při zpracování bakalářské práce.

V Olomouci 30. června 2016

OBSAH

1 ÚVOD	9
2 PŘEHLED SOUČASNÝCH POZNATKŮ	10
2.1 NEJČASTĚJŠÍ ZRANĚNÍ VE FOTBALE.....	10
2.2 ZRANĚNÍ KOLENE.....	10
2.2.1 Poranění LCA	11
2.2.2 Anatomie kolenního kloubu	13
2.2.3 Stabilizátory kolenního kloubu.....	15
2.2.4 Únava a svalová práce	17
2.3 ÚNAVA.....	17
2.3.1 Únava při svalové práci	20
2.4 SVALOVÁ SÍLA	22
2.4.1 Biologické determinanty svalové síly.....	22
2.4.2 Svalová síla u fotbalistů.....	25
2.4.3 Trénink svalové síly.....	26
2.4.4 Diagnostika síly	29
3 CÍLE A HYPOTÉZY	31
3.1 CÍLE	31
3.2 DÍLČÍ CÍLE.....	31
3.3 HYPOTÉZY	31
4 METODIKA.....	32
4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU.....	32
4.2 POSTUP MĚŘENÍ.....	32
4.2.1 Rozcvičení	33
4.2.2 Izokinetické testování	33

4.2.3 Stanovení indexu reaktivní síly	34
4.2.4 Únavový protokol Saft 90.....	34
4.2.5 Statistické zpracování dat	35
5 VÝSLEDKY	36
5.1 VYJÁDŘENÍ K HYPOTÉZÁM	38
6 DISKUZE.....	39
7 ZÁVĚRY	41
8 SOUHRN	42
9 SUMMARY	43
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	44
11 PŘÍLOHY.....	48

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ATP = adenosintrifosfát

CNS = centrální nervová soustava

CP = kreatinfosfát

EMD = elektromechanické zpoždění

LCA, ACL = přední křížový (zkřížený) vaz

LCP = zadní křížový (zkřížený) vaz

m., mm. = musculus, muscoli

PT = „peak torque“

1 ÚVOD

V posledních letech se neustále zvyšuje náročnost hry, proto jsou kladeny vyšší nároky na pohybové a kondiční schopnosti a dovednosti hráče. Hráči během fotbalového utkání vykonávají specifické pohyby, jako jsou sprinty, výskoky, osobní souboje, změny směru pohybu a kopy do míče (Bompta, 1999; Psotta et al., 2006).

Nedostatečný trénink svalové síly zvyšuje riziko zranění. Mezi časté úrazy patří zranění kolenního kloubu, zejména předního křížového vazů (ACL). Jak prokazuje několik studií, jedná se často o nekontaktní poranění, ke kterým dochází na konci obou poločasů, což může způsobovat do jisté míry únava. Únava ovlivňuje neuromuskulární a biomechanické faktory, jako jsou svalová aktivita a koaktivace, kinematika a kinetika pohybu a svalová tuhost (Padua et al., 2006). Tím dochází ke zhoršení výkonu složitých pohybů během utkání.

Bakalářská práce je zaměřena na posouzení vlivu specifického únavového protokolu na izokinetickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu a na reaktivní sílu u fotbalistů kategorie U16.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

Fotbal je míčová kolektivní hra. Patří mezi invazivní, brankové hry, kde je hlavním úkolem ve stanoveném čase dopravit míč vícekrát do branky než soupeř (Süss, 2005).

Nejstarší zprávy dle Votíka (2003) o míčových hrách, ze kterých se fotbal dostal do dnešní podoby, se datují z Číny kolem roku 3000 př. n. l.. V druhé polovině 19. století v Anglii, v období průmyslové revoluce, zažil fotbal největší zlom a transformoval se do dnešní podoby. V současné době je přibližně 200 milionů registrovaných hráčů na celém světě, kteří hrají fotbal na profesionální či amatérské úrovni. S rostoucím počtem hráčů roste přirozeně i počet jejich zranění. Odhaduje se, že z celkového počtu sportovních zranění připadá 50 – 60 % právě na úrazy vzniklé při fotbale (Keller, Noyes, & Buncher, 1987).

2.1 NEJČASTĚJŠÍ ZRANĚNÍ VE FOTBALE

Mezi nejčastější fotbalová zranění patří úrazy dolních končetin a to zejména kotníku, kolene a svalstva lýtky a stehna. Jejich nejčastějšími příčinami jsou podvrtnutí těchto kloubů a natažení zmiňovaných svalů. Přibližně 20-25 % všech zranění jsou zranění opakovaná, zranění stejného typu a na stejném místě. (Bahr et al., 2008).

2.2 ZRANĚNÍ KOLENE

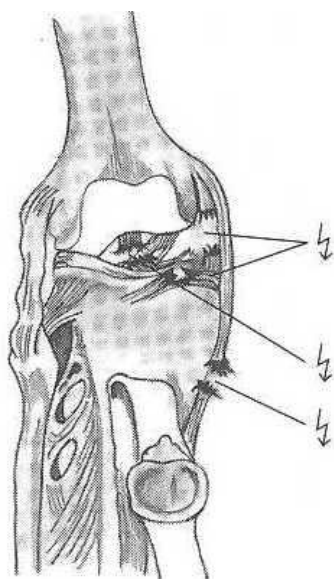
Po hlezenním kloubu, je poranění kolene druhým nejběžnějším zraněním ve fotbale (Bahr, 2013). K těmto zraněním řadíme:

- vazivová poranění: předního a zadního zkříženého vazy, vnitřního a zevního postranního vazy
- poranění vnitřního a zevního menisku
- poranění chrupavky tibie, femuru a patelly
- zlomeniny tibie, femuru a patelly

Úrazy kolene se rozdělují na nekontaktní a kontaktní. Nekontaktní poranění vznikají bez přímého působení vnější síly. Podle Hawkinse a Fullera (1999) tvoří až 59 % všech poranění a dokonce až 65 % tréninkových poranění nezletilých fotbalistů (ženy a dívky nebyly zahrnuty). U kontaktního poranění je nejčastější příčinou zastavení protihráčem s nárazem zasahujícím laterální nebo mediální stranu kolena. Dalším případem může být, když dva hráči zasáhnou míč a noha je ve vnitřní rotaci. Mezi další příčiny zranění kolena patří svalová nerovnováha, kdy jedna z končetin je silnější a m. quadriceps femoris nebo hamstringy jsou v nerovnováze, nebo únava.

2.2.1 Poranění předního zkříženého vazy - LCA

LCA patří mezi hlavní pasivní stabilizátory kolenního kloubu a jeho poškození způsobuje většinou značné porušení stability kolena s častými projevy vypadávání kolena a možností rychlé progresse degenerativních změn (Dungl, 2005). Jedná se o velmi závažné poranění a zároveň o nejčastěji postižené ligamentum kolenního kloubu (Neumann, 2002). Zranění LCA tvoří u mužů přibližně 1,3 % a u žen 3,7 % všech poranění ve sportu (Hootman, Dick, & Agel, 2007).



Obrázek 2. Poranění vazů kolena působením přímého násilí na kloub ze zevní strany, poranění předního zkříženého vazy (Dungl, 2005)

Mechanismus poranění LCA

Poranění předního zkříženého vazů (LCA) vzniká obvykle nepřímým násilím, nejčastěji násilnou abdukci a zevní rotací bérce (Dungl, 2005). Jedná se o závažné poranění, které významně zasahuje do funkce kolenního kloubu. Úraz je často spojen se sportovními aktivitami, např. lyžování, fotbal, tenis, squash (Kolář et al., 2009).

Celá váha těla je přenášena během pohybu přes klouby dolní končetiny. Tato síla je 1,6–3,0 násobkem váhy při běhu a až 4,1 násobkem při dopadu ze skoku. Poranění kolene může souviset také s oslabením svalstva kyčle vzhledem k její roli při aktivaci m. quadriceps femoris a hamstringů při běhu a dopadech (Wikstrom, Tillman, Chmielewski, & Borsa, 2006).

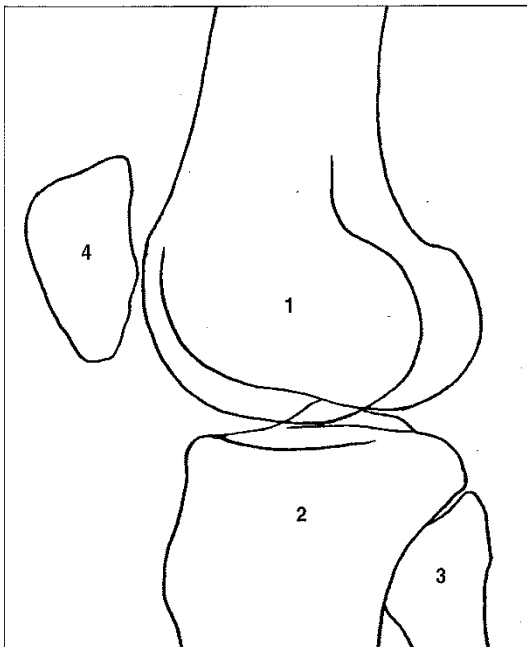
Mezi faktory poškození měkkých struktur kolenního kloubu patří poranění LCA. Tím dochází k narušení neuromotorické (nervosvalové) kontroly a dynamické stabilizace kolenního kloubu. Poruchy koordinace a časování stabilizačních svalů, narušení vzorců aktivace, zpomalení reakčních časů, pomalejší dosažení optimálního momentu síly a narušení anticipačních (proaktivních) mechanismů jsou prokazovány u pacientů s poruchou měkkého kolene (Mayer, & Smékal, 2004).

K nejčastějším nekontaktním mechanismům způsobujícím poranění LCA patří zvedání se z podřepu plnou silou extenzorů, kombinace flexe, valgozity, zevní rotace a kombinace flexe, varozity a vnitřní rotace (Liorzou, 1991).

Časové rozložení stabilizace v posteriorním a mediolaterálním směru patří mezi nejdůležitější faktory při poškození LCA. Pro dynamickou podporu funkce LCA se musí nejdříve aktivovat hamstringy, a poté mm. vasti a mm. gastrocnemii (Mayer, & Smékal, 2004). M. quadriceps femoris patří mezi nejdůležitější svaly pro stabilitu kolenního kloubu. Jeho síla je schopna kompenzovat poškození vazů. Hamstringy působí jako antagonisté LCA, jestliže jsou zapojeny do stabilizačních vzorců při optimálním načasování. Vyvážená aktivace mediálních a laterálních hamstringů zajišťuje dobrou stabilizaci. Mezi další dynamické stabilizátory kolenního kloubu patří mm. gastrocnemii, který táhne femur dorzálně oproti tibii. Předčasná a nadměrná aktivace m. quadriceps femoris oproti mm. gastrocnemii se řadí mezi další rizikové faktory pro poškození předního zkříženého vazů (Mayer, & Smékal, 2004).

2.2.2 Anatomie kolenního kloubu

Kolenní kloub je složený kloub, neboť se v něm stýkají femur, tibia a patella (Čihák, 2001). Kloubní plochy femuru a tibie jsou nestejně geometricky zakřivené, mezi jejich styčné plochy jsou vloženy menisky, meniskus medialis a meniskus lateralis. Hlavici kloubu tvoří condyli femoris (medialis et lateralis), jejich styčné plochy jsou vpředu spojeny facies patellaris, ve které klouže česka, vzadu jsou odděleny hlubokou kloubní jámou nazývanou fossa intercondylaris. Oba kondyly jsou zakřiveny jak v rovině frontální, tak v rovině sagitální. Zakřivení je vzadu větší než vpředu. Oba kondyly nestojí rovnoběžně, mediální kondyl je totiž svým předním koncem přivrácen ke kondylu laterálnímu (Doubková, Linc, 2006). Kloubní pouzdro na tibií a patelle se upíná při okrajích kloubních ploch, na femuru o něco dále od kloubních ploch. Pouzdro vynechává epikondyly femuru, kam jsou připojeny svaly a vazy; recessus suprapatellaris je záhyb, jímž se pouzdro vpředu vyklenuje nad patellu. Bursa suprapatellaris je tíhový váček nad recessus suprapatellaris; zpravidla splývá s recessus suprapatellaris a tím jej zvětšuje (Čihák, 2001)



Obrázek 3. Boční projekce kolenního kloubu (Čihák, 2001)

Menisky jsou tvořeny vazivovou chrupavkou. Jsou srpovitého tvaru, přes půl centimetru vysoké po zevním obvodu a po vnitřním obvodu se zužují do ostří. Jsou důležité pro normální funkci kolena. Zlepšují kongruenci kloubních ploch, působí jako tlumič nárazů, má funkci

lubrikační a podílí se na stabilitě kloubu. Prokrvená je pouze periferní část menisku, zbývající část je vyživovaná synoviální tekutinou (Dunzl, 2005), proto je jejich regenerační schopnost jen minimální.

Meniskus medialis je méně pohyblivý než meniskus lateralis, což je dáno celkovou stavbou mediálního femorotibiálního skloubení (mediální plató tibie je konkávní) a fixací menisku. Oba rohy jsou od sebe poměrně dosti vzdáleny a navíc střední část menisku je připevněna pouzdrem k vnitřnímu postrannímu vazy. Tím je meniskus fixován k tibií na třech místech, což značně zmenšuje možnost jeho pohybu (Bartoniček, 1986).

Meniskus lateralis pokrývá téměř celou plochu zevního kondylu tibie. Je fixován jen v jednom místě, protože úpony obou rohů se téměř dotýkají. To společně s dalšími faktory (stavba celé zevní části femorotibiálního skloubení) umožňuje jeho větší pohyblivost. Zevní meniskus vyrovnává inkongruenci artikulujících kostí, které jsou konvexního tvaru. Podílí se tak mnohem více na stabilitě zevní části femorotibiálního kloubu než vnitřní meniskus na stabilitě části vnitřní (Bartoniček, 1986).

Patella - jinak také česka, je největší sezamská kost lidského těla. Má trojúhelníkový tvar a je přiložena k patellární ploše stehenní kosti: do kloubu hledí svou zadní plochou, která je pokryta silnou vrstvou chrupavky (Čihák, 2001).

Pohyby kolenního kloubu

Základní postavení kolenního kloubu je plná extenze. Při extenzi jsou napjaty postranní vazy a všechny vazivové útvary na zadní straně kloubu, femur, menisky a tibie pevně vzájemně naléhají. Tento stav se označuje jako „uzamknuté koleno“ (Čihák, 2001).

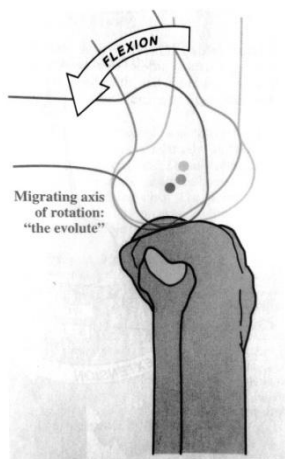
Pohyb z flexe do extenze a zpět:

1. Počáteční rotace
2. Valivý pohyb
3. Posuvný pohyb

Při flexi zajišťují pohyb kolene zkřížené vazy, které brání nežádoucím posuvným pohybům (Čihák, 2001). Kolenní kloub má rozsah flexe 130-160°. Do 140° lze provést pohyb aktivně, zbývajících 20° pasivně, např. u dřepu. Extenze kolenního kloubu může pokračovat

ze základního postavení o dalších 5° do tzv. hypertenze, která by u zdravého kloubu neměla přesáhnout 15°.

Rotace kolenního kloubu probíhá v meniskotibiálním skloubení, za současného posunu menisků. Rozsah posunu je větší u menisku laterálního (Čihák, 2001). Při sportovních úrazech, které vzniknou na základě násilného rotačního pohybu kolenního kloubu, bývá s 95% pravděpodobností poškozen méně pohyblivý mediální meniskus.



Obrázek 4. Pohyb osy rotace při flexi v kolenním kloubu (Neumann, 2002, upraveno)

2.2.3 Stabilizátory kolenního kloubu

Kolenní kloub má nejsložitější a nejmohutnější vazivový aparát ze všech kloubů lidského těla (Bartoníček, & Heřt, 2004). Stabilita kolenního kloubu je zajištěna vazivovým a svalovým aparátem. Tvar kloubních ploch se na stabilitě kolenního kloubu nepodílí (Gallo, 2011).

Z funkčního hlediska se dělí stabilizátory kolenního kloubu na statické (pasivní), tj. vazy a menisky, a stabilizátory dynamické (aktivní), tj. kolenní kloubní svaly a jejich úpony (Dungl, 2005). Z topografického hlediska rozeznáváme stabilizátory kapsulární (ligamenta kloubního pouzdra) a intraartikulární (nitrokloubní vazy). Základem statických stabilizátorů je kloubní pouzdro, zesílené řadou vazivových pruhů, z nichž některé jsou samostatnými ligamenty, jiné představují jen vazivové zesílení kloubního pouzdra (Ditmar, 1992). Na mediálním epikondylu femuru začíná ligamentum collaterale mediale, upíná se na mediální straně kondylu tibie. Vaz je silný a plochý, jeho zadní část je srostlá s kloubním pouzdem (Petrovický, 2001). Ligamentum collaterale laterale zajišťuje stabilitu hlavně v extenzi a při pohybu do částečné flexe. Na dorzální straně kloubu leží ligamentum

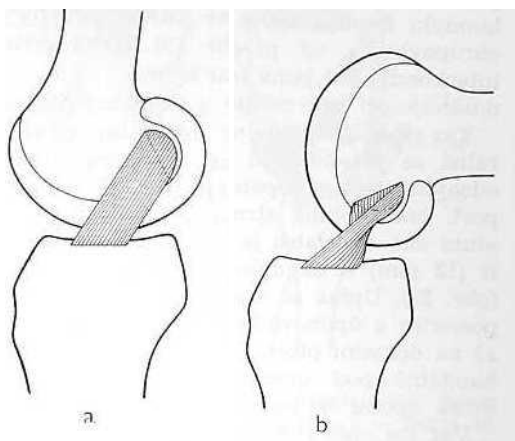
poplietum arcuatum a ligamentum obliquum (Čihák, 2001). Obě ligamenta jsou srostlá s kloubním pouzdem. Menisky spojuje vpředu ligamentum transversum genus. (Petrovický, 2001).

Zkřížené vazy

Jsou nejvýznamnějšími vazivovými stabilizátory. Zajišťují pevnost kolene, zejména při ohnutí, kdy se nenapínají. Navíjí se na sebe, a tím omezují vnitřní rotaci v kloubu. Napjaté LCA táhne bérce do mírných zevních rotací (Čihák, 2001).

LCA – jde od vnitřní plochy laterálního kondylu femuru do area intercondylaris anterior (tibie) (Čihák, 2001). Tento silný vaz lze rozdělit na 2 části, liší se průběhem svých vláken (Petrovický, 2001). Delší, avšak slabší anteromediální část tvoří v plné extenzi přední a horní okraj vazu. Kratší, silnější část posterolaterální formuje v plné extenzi dorsální a spodní okraj vazu. Při 90° flexi se obě části vazů ve svém středu kříží (Bartoníček, 2004).

Ligamentum cruciatum posterior (LCP) je rozepjato od zevní plochy vnitřního kondylu femuru do area intercondylaris posterior (tibie) a před ním leží ligamentum cruciatum anterior (LCA) (Čihák, 2001).



Obrázek 5. Schématické uspořádání předního zkříženého vazů a) v extenzi, b) v 90° flexi (Čech, Sosna, & Bartoníček, 1986)

2.2.4 Únava a svalová síla

Ekstrand, Hägglund, & Waldén (2009); Mohr, Krstrup, & Bangsbo, (2003) uvádí, že na zvyšující se zranění ve fotbale má významný vliv únava. Je to prokázáno četností zranění, které nastanou v posledních minutách prvního poločasu a začátkem druhého poločasu při fotbalovém zápasu.

Únava ovlivňuje biomechanické a nervosvalové faktory, jako jsou modely svalové aktivace a ko-aktivace, kinematika a kinetika. Ovlivněny jsou i vlastnosti svalové tuhosti (Padua et al., 2006).

Studie provedené u dospělých po únavě prokázaly zvýšené riziko v souvislosti s posunem tibie dopředu, čímž se dostává LCA do stresové pozice. Dále byla zjištěna výrazně nižší aktivita u hamstringů. Tyto projevy únavy vedou ke snížení stability kolenního kloubu (Melnik, & Gollhofer, 2007).

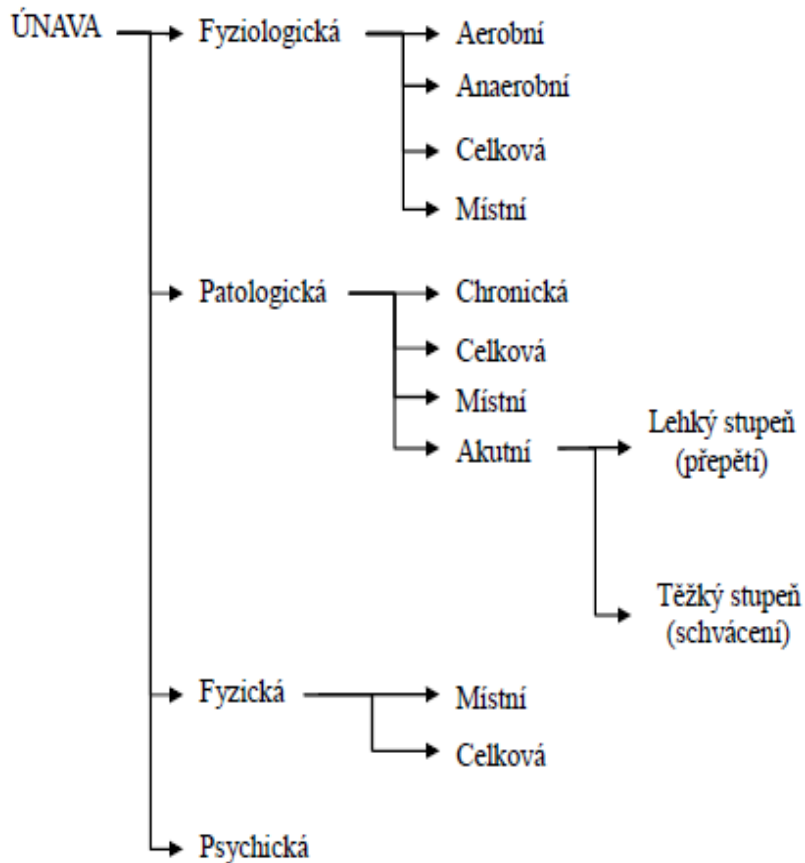
Studie zabývající se vlivem únavy na stabilitu kolenního kloubu uvádí výrazné snížení poměru síly mezi m. quadriceps femoris a hamstringy na konci prvního a druhého poločasu při fotbalovém utkání. Negativní vliv únavy zhoršuje efektivnost nervosvalové zpětné vazby, která se posuzuje prostřednictvím elektromechanického zpoždění (EMD). Při specifické únavě se u fotbalistů zvyšuje EMD u svalů dolních končetin, což způsobuje zvýšené riziko zranění pro kolenní kloub (Small, McNaughton, Greig, & Lovell, 2010).

2.3 ÚNAVA

Únava je ochranným a obranným mechanismem pracujícího organismu, který se projevuje v útlumu aktivity CNS.

U člověka rozlišujeme dvě hlavní příčiny únavy. Jde o únavu, která vzniká během svalové činnosti anebo o únavu „mentální“, eventuálně o kombinaci obou (Máček, & Radvanský, 2011).

Rozdělení únavy dle Havlíčkové (1993) podle druhu předcházející činnosti:



Obrázek 6. Rozdělení únavy po pohybové činnosti (Havličková, 1993)

Fyziologická únava

Fyziologická únava vzniká přirozeně během pohybové aktivity (PA). Projevuje se ztrátou koordinace, jemné motoriky nebo změnami v technice. V průběhu zotavení postupně vymizí. Tento druh únavy můžeme rozdělit na aerobní a anaerobní (Havličková, 1993).

Aerobní únava vzniká při dlouho trvajících výkonech. Svaly pracují v aerobní zóně (za přístupu kyslíku) a nedochází k produkci laktátu (Havličková, 1993). Při dostatečné dodávce kyslíku pracujícím svalům je výkon limitován kritickým poklesem energetických zásob glykogenů. Tvorba ATP pouze štěpením tuků bez současného získávání energie z cukrů není možná (Jančík, Závodná, & Novotná, 2007).

Anaerobní únava vzniká při krátkodobých výkonech, svaly pracují v anaerobní zóně (za nepřístupu kyslíku), dochází ke kyslíkovému dluhu, k nadprodukci laktátu a rozvoji metabolické acidózy. Důsledkem je pokles glykolýzy se snížením tvorby ATP

(adenosintrifosfát) a CP (kreatinfosfát). Acidóza (nadbytek H^+) ovlivňuje pohyb iontů na buněčných membránách, zhoršuje podmínky pro vznik a vedení svalových potenciálů, zhoršuje kontraktilitu svalstva (Jančík, Závodná, & Novotná, 2007).

Fyziologická únava může mít místní nebo celkový charakter. U místní fyziologické únavy se jedná o svalovou bolest či snížení síly malých svalových skupin. Celková fyziologická únava způsobuje svalovou bolest velkých svalových skupin, při které dochází k snížení schopnosti koordinace a snížení kvality pohybových návyků a dynamických stereotypů. U sportovců se vyskytuje častěji než místní únava (Jančík, Závodná, & Novotná, 2007).

Patologická únava

Patologická únava vzniká přehlížením příznaků fyziologické únavy a nerovnováhou mezi dobou zatížení a dobou regenerace organismu. Tuto únavu můžeme rozdělit do dvou skupin na akutní a chronickou (Havlíčková, 1993).

Akutní únava se dělí na lehčí stupeň (přepětí) a těžší stupeň (schvácení). U přepětí se objevují křeče, pocení, rychlý a mělký dech. Schvácení může skončit i selháním oběhového systému (Havlíčková, 1993).

Chronická únava se rozděluje na lehčí a těžší stupeň. Lehčí stupeň se projevuje poklesem výkonnosti, snížením hmotnosti a obranyschopnosti, poruchami spánku, příjmu potravy, podrážděností nebo např. nechutenstvím (Havlíčková, 1993).

Fyzická únava

Fyzická únava je charakteristická pro projevy svalové bolesti, pokles svalové síly, „ztuhnutí“ svalů, zhoršení koordinace. Příčiny jsou v úrovni buněčného, koordinačních a řídicích mechanismů. Fyzická únava se rozděluje na místní a celkovou (Hošková, 2010).

U místní únavy se zapojuje méně než jedna čtvrtina svalstva. Vzniká snížení svalové síly, rychlost zapojení svalstva do pohybové činnosti a bolest této oblasti (Hošková, 2010).

Pro celkovou únavu je charakteristické zapojení více svalových skupin najednou. Mezi projevy se řadí snížená schopnost koordinace, pokles kvality pohybového projevu a činnosti svalstva (Hošková, 2010).

Psychická únava

Projevem psychické únavy je nesoustředění na daný problém, snížená vnímavost na nové prvky, zpomalení vedení podnětů nebo špatný odhad vzdálenosti. Psychická únava má negativní dopad na sportovní trénink a výkon (Hošková, 2010).

2.3.1 Únava při svalové práci

V současné době existuje několik teorií, které se zabývají příčinami vzniku únavy. Existuje hypotéza, která připisuje příčiny vzniku únavy v poruchách řízení a kontroly pohybu, může se však objevit i porucha svalové kontrakce ve svalovém vlákně a v jeho řídicím motoneuronu (Máček, & Radvanský, 2011).

Únava při dynamické práci

Při určitém stupni intenzity nastává tzv. kritický výkon, který představuje maximální výkon. Tento výkon může jedinec produkovat bez vyčerpání energetické rezervy. Při překročení intenzity a vyčerpání energetických rezerv musí jedinec práci přerušit (Máček, & Radvanský, 2011).

Únava při dynamické práci nastává později než u statické práce. Příčinou je vyšší prokrvení svalů během svalové kontrakce a relaxace. Mezi hlavní činitele podílejících se na vzniku únavy patří: vápník, intersticiální kalium a nedostatek energetických zdrojů.

Únava při statické práci

V důsledku nedostatečného proudění krve ve svalech, které je způsobeno zvýšením nitrosvalového tlaku, dochází k vážnutí přísunu živin a kyslíku.

Nástup únavy při izometrické kontrakci a dynamické práci při běžné zátěži není podle nejnovějších studií vázán na nervové řízení. Vznik acidózy není vyvolán produkcí laktátu. V současnosti se do popředí dostávají hypotézy, které připisují vznik únavy na základě vyčerpání energetických zásob (Máček, & Radvanský, 2011).

Hypotézy o vzniku únavy:

- deficit energetických zásob nutných k provedení svalové kontrakce, ve svalových vláknech nebo v depotech, odkud jsou dodávány krevní cestou
- deficit kyslíku jako podmínky spalování
- snížení kapacity svalu tyto potřebné látky využívat (Máček, & Radvanský, 2011).

Únava může být jednou z hlavních příčin poranění. Tréninkem lze dosáhnout pozitivních adaptačních změn, a tím zmírnit nebo omezit vlivu únavy na pohybovou činnost (Máček, & Radvanský, 2011).

2. 4. SVALOVÁ SÍLA

Síla je podstatnou součástí sportovního výkonu v každém sportovním odvětví (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer, & Botek, 2010). Jeden ze základních znaků svalové činnosti je vyvinutí síly při svalové kontrakci, při které se mění chemická energie na sílu a teplo.

Svalová síla závisí na:

- počtu svalových vláken
- délce svalových vláken
- počtu aktivních motorických jednotek

2.4.1 Biologické determinanty svalové síly

Kosterní svalstvo umožňuje základní pohyby lidského těla. Kosterní sval je tvořen svalovými vlákny, která se upínají ke kostem pomocí šlach a vazů. Svalová síla je funkčně dána stažlivostí svalu a projevuje se formou maximálního napětí nebo maximální rychlosti svalového stahu. Svalová kontrakce je odpovědí na nervový vzruch a je rozhodující pro vznik síly (Lehnert et al., 2010).

Typy svalové kontrakce

Vzhledem k délce a změně napětí svalu se nejčastěji svalová kontrakce dělí na dynamickou a statickou (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010). Lehnert et al. (2010) rozděluje svalovou kontrakci na dynamickou, kdy se mění délka svalu a napětí se nemění. Dynamická kontrakce se rozlišuje na koncentrickou, excentrickou, plyometrickou a izokinetickou. Při statické (izometrické) kontrakci se zvyšuje napětí ve svalu a délka svalu se nemění. Jedná se o udržení těla ve statické poloze např. při výdržích.

Faktory svalové síly

Svalová síla při statické a dynamické činnosti je ovlivněna antropometrickými a biomechanickými faktory. Podle Lehnert et al. (2010) mezi hlavní faktory ovlivňující svalovou sílu patří: množství svalové hmoty, nitrosvalová (intramuskulární) koordinace, mezisvalová (intermuskulární) koordinace, zásoby energetických zdrojů a jejich mobilizace ve svalu, reflexní děje a elasticita svalové a šlachové tkáně, optimalizace aktivační úrovně

centrální nervové soustavy (CNS), a zvládnutí techniky. Perič, & Dovalil (2010) uvádí, že svalová síla je ovlivněna věkem, geneticky, úrovní techniky sportu, psychikou a dobou trénování.

Typy svalových vláken

Kosterní sval je tvořen třemi základními typy svalových vláken – pomalá svalová vlákna (typ I), rychlá červená vlákna (typ IIa), rychlá bílá vlákna (typ IIb). Jednotlivé typy vláken se liší svoji strukturou, funkcemi a biomechanickými vlastnostmi.

Tabulka 1. Typy svalových vláken (Ekblom, 2003; Hohmann, 2010; Janura, 2004, upraveno)

	TYP I <i>ST, SO</i>	TYP IIa <i>FTO, FOG</i>	TYP IIb <i>FTG, FG</i>
Rychlost kontrakce	pomalá	rychlá	rychlá
Vyvinutá svalová síla	relativně malá	velká	velká
Odolnost proti únavě	velká	relativně velká	malá

Vysvětlivky: ST - slow-twitch, SO - slow-oxidative, FTO - fast-twitch oxidative, FOG - fast-oxidative glycolytic, FTG - fast-twitch glycolytic, FG - fast-glycolytic

U dospělých hráčů fotbalu je typické vyšší zastoupení FG a FOG svalových vláken, a to konkrétně 40 – 60 % v m. quadriceps femoris a 40 – 50 % v m. gastrocnemium . Tyto naměřené hodnoty jsou vyšší ve srovnání s hodnotami u vytrvalostních sportovců. Hráči fotbalu mají vlastní podíl rychlých glykolytických (FG) svalových vláken, které jsou specifické pro rychlostně silové výkony nižší než jedinci trénovaní na rychlostně silové výkony (sprinteři). U fotbalistů je charakteristický vyšší podíl přechodových oxidativně glykolytických vláken (FOG) (Psotta, Bunc, Máhrová, Netscher, & Nováková, 2006).

Druhy síly

Přes velké množství poznatků neexistuje zcela shoda v pojetí, ani výkladu silových schopností (Dovalil, 2010). Lehnert et al. (2010) uvádí, že sílu je možno chápat jako komplex schopností. Vzhledem k vnějšímu projevu (velikost překonaného odporu, rychlost svalové akce, trvání pohybů a jejich opakování) a způsobu uvolňování energie při svalové činnosti lze rozlišit jednotlivé druhy síly:

- maximální síla
- rychlá síla
- reaktivní síla
- silová vytrvalost

Maximální síla bývá označovaná jako základní silový potenciál (Lehnert et al., 2010). Psotta et al. (2006, str. 93) maximální sílu nazývá absolutní a definuje ji jako „...způsobilstvo svalů vyvinout sílu proti maximálnímu odporu, který lze ještě překonat v jedné kontrakci či v jednom opakování pohybu“. Mezi limitující faktory maximální síly patří množství svalové hmoty a nervosvalová koordinace (Lehnert et al., 2010).

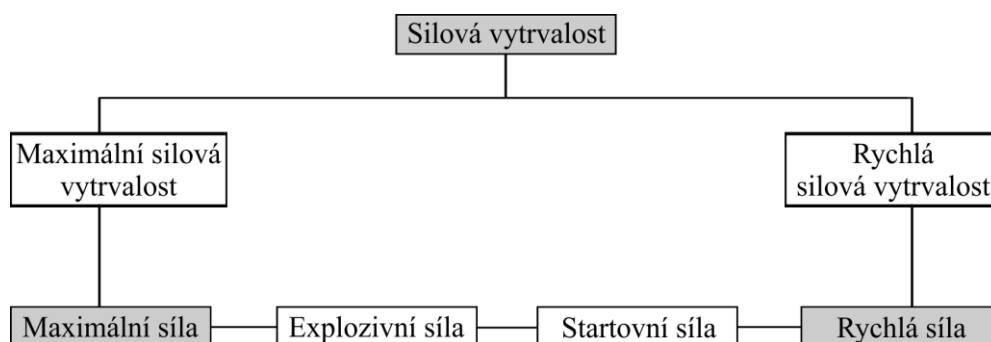
Rychlá síla je charakterizovaná jako schopnost dosáhnout co největšího silového impulzu v časovém intervalu, ve kterém se pohyb realizuje, nebo dosáhnout v co nejkratším čase co nejvyšší hodnoty síly (Lehnert et al., 2010). Rychlá síla se rozděluje na sílu startovní a explozivní (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010). Startovní síla je schopnost vyvinout pohyb v co nejvyšší rychlosti a v co nejkratším čase. U explozivní síly se jedná o vyvinutí maximální rychlosti v konečné fázi pohybu. Mezi limitující faktory rychlé síly patří zastoupení rychlých svalových vláken ve svalech, které zajišťují pohyb, intramuskulární koordinace, intermuskulární koordinace a se stoupající velikostí odporu i maximální síla (Lehnert et al., 2010).

Reaktivní síla je specifickou formou rychlé síly. Je to schopnost vytvořit co největší silový impulz v cyklu protažení a následného zkrácení svalů. Velikost reaktivní síly je závislá na maximální síle, rychlé síle a elasticitě svalů (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010).

Silová vytrvalost je schopnost organismu odolávat únavě při dlouhodobém silovém výkonu (Lehnert et al., 2010). Hohmann et al. (2010) uvádí, že silová vytrvalost je schopnost organismu trvale a opakovaně překonávat pohybový odpor, který představuje minimálně 30 % maximální síly.

2.4.2 Svalová síla u fotbalistů

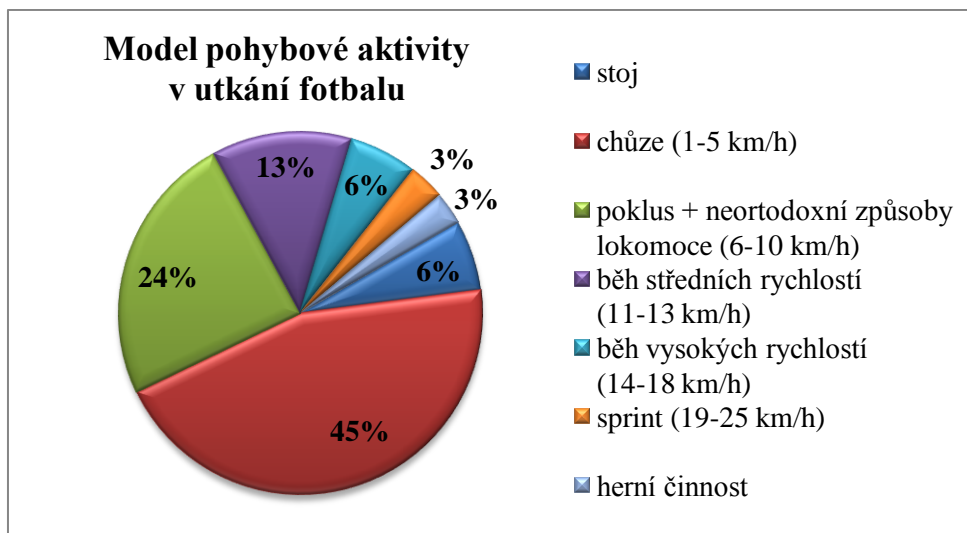
Weineck (1996) uvádí, že z hlediska potřeb fotbalistů jsou ze silových schopností nejdůležitější maximální síla, rychlá síla a silová vytrvalost. Jejich smíšené formy – maximální silová vytrvalost, rychlá silová vytrvalost, explozivní síla a startovní síla se od nich odvozují.



Obrázek 7. Komplex silových schopností z hlediska potřeb fotbalu (Weineck, 1996, upraveno)

Ve fotbale se při specifických pohybech jako jsou sprinty, výskoky, osobní souboje, změny směru pohybu a kopy do míče významně uplatňuje svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu (Bradley, Sheldon, Wooster, Olsen, Boanas, & Krustup, 2009; Bravo, Impellizzery, Rampinini, Castagna, Bishop, & Wisloff, 2008; Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006; Verheijen, 1998). Při extenzi v kolenním kloubu m. quadriceps femoris kontrahuje koncentricky a na konci pohyb brzdí excentrická kontrakce hamstringů. Při flexi v kolenním kloubu hamstringy kontrahují koncentricky a na konci pohyb brzdí excentrická kontrakce m. quadriceps femoris (Bompa, 1999). Stabilizaci kolenního kloubu u odemčeného kolena při změně směru zajišťují ko-kontrakce flexorů a extenzorů kolenního kloubu (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffuli, 2001; Lehance et al., 2009).

U fotbalu je typický intermitentní (střídavý) charakter pohybového zatížení. Fotbalový výkon je složen z 900-1100 diskretních intervalů činnosti. V průměru jednou za 30 až 90 sekundový interval provádí hráči běhy na vysoké až maximální úrovni (trvajících 1-4 s). Tento interval střídají s běhy ve středních rychlostech trvajících 3-6 s. Intervaly o nižší intenzitě (stoj, chůze, poklus a běh v nižších rychlostech trvá přibližně do 10 s) převažují nad během na vysoké až maximální úrovni a mají zotavovací charakter (Psotta, 2003; Psotta et al., 2006).



Obrázek 8. Procentuální zastoupení jednotlivých typů pohybové činnosti u adolescentních fotbalistů během utkání (Psotta, 2003, upraveno)

Hráčské funkce s ohledem na svalovou sílu

Na každou hráčskou funkci jsou kladeny specifické požadavky (Psotta, 2003; Psotta et al., 2006).

Útočníci jsou adaptováni na vykonávání běžeckých sprintů (o 40-45 % vyšší než u středových hráčů; o 15-60 % vyšší než u obránců).

Na středové hráče jsou kladeny vyšší nároky na běžeckou práci, protože jsou zapojováni jak do útočné, tak i do obranné části hry. Jejich zotavovací fáze probíhá z největší části v poklusu (Psotta et al., 2006).

U brankářů hraje významnou roli orientace v prostoru a výskok pro míč. Největší důraz je kladen na explozivní sílu (Psotta et al., 2006).

2.4.3 Trénink svalové síly

Trénink síly patří k základním součástem kondičního tréninku. Jeho hlavním cílem je vytvořit optimální silový potenciál pro podání sportovního výkonu (Lehnert et al., 2010).

Psotta (2006) uvádí, že vedle základních svalových předpokladů, obecné svalové síly, záleží více na specifickém průběhu práce svalů a nábore svalových vláken uvnitř svalů v průběhu realizace specifického pohybového aktu, tj. na specifické svalové síle.

Mezi hlavní funkce tréninku svalové síly řadíme:

- zlepšení silového výkonu svalů
- prevence zranění
- zotavení po úrazu (Bangsbo, 2003; Psotta, 2006; Reilly, 2007).

Mezi další funkce tréninku svalové síly zařadil Reilly (2007) zvýšenou rychlost hráče, schopnost zrychlení, brzdění a své místo má také v rámci rehabilitace po zranění. Psotta et al. (2006) uvádí udržení způsobilosti svalů zpevňovat kloubní spojení ve specifických činnostech s funkcí ochrany kloubů a účelný přenos sil při provádění dynamických činností. Udržení svalů trupu a horních končetin v optimálním funkčním stavu, které se výrazně na výkonu nepodílejí, ale spoluutváří podmínky pro jejich provedení a optimalizace úrovně základních silových předpokladů po snížení trénovanosti.

Rozvoj silových schopností snižuje četnost zranění a zvyšuje úspěšnost při osobních soubojích a řešení různých herních situací. K nejdůležitějším partiím z hlediska předcházení zranění patří posturální svaly, svalstvo břicha a zad. Při oslabení těchto svalů a při jejich zkrácení může docházet k závažnému poranění (Bangsbo, 2003).

Psotta et al. (2006) rozlišuje trénink svalové síly u hráčů fotbalu na tři typy: funkční a základní trénink svalové síly a trénink svalové vytrvalosti.

Funkční trénink svalové síly

Funkční trénink svalové síly je zaměřen na zlepšení obecné a koordinační síly. Podněcuje způsobilost hráčů k rychlému a koordinovanému vyvíjení svalové síly ve specifických fotbalových činnostech – běžecká lokomoce, souboje, výskoky, při střelbě a vhazování (Bangsbo, 2003; Psotta et al., 2006).

Základní trénink svalové síly

Základní trénink svalové síly se zaměřuje na udržení a rozvoj základních nervosvalových a morfologických předpokladů pro výkon svalových skupin, které jsou důležité pro herní výkon. Svalové skupiny jsou procvičovány pomocí hmotnosti vlastního těla i vnějších odporů (posilovací stroje, břemena nebo pružné předměty). Do základního tréninku svalové síly patří i trénink statické a dynamické síly v nižších a vyšších kontrakčních

činnostech. Tento trénink je vhodný zařadit do první fáze přípravného období (Psotta et al., 2006).

Trénink svalové vytrvalosti

Svalová vytrvalost podmiňuje celkovou produkci svalové síly během utkání (Psotta et al., 2006).

Bangsbo (2003); Psotta et al. (2006) rozlišuje podle specifického režimu déletrvajících svalové činnosti tréninky svalové vytrvalosti:

- trénink dynamické svalové vytrvalosti (aerobní a anaerobní svalová vytrvalost)
- trénink statické (izomerické) svalové vytrvalosti

Aerobní svalová vytrvalost vytváří výkonnostní předpoklad pro pohybový výkon vytrvalostního charakteru, při kterém je nezbytná energie dodávána štěpením energetických rezerv za přístupu kyslíku (Lehnert et al., 2010). Pravidelným tréninkem a utkáními se udržuje, proto ji není potřeba rozvíjet specifickými cvičeními. U hráčů fotbalu by měl být kladen větší důraz na anaerobní vytrvalost svalů dolních končetin, což je druh vytrvalosti charakteristický uvolňováním energie štěpením ATP (adenosintrifosfát) a jeho resyntézou v anaerobně-alaktátové fázi tvorby energie. Anaerobní vytrvalost probíhá bez účasti kyslíku a nevytváří se kyselina mléčná (Lehnert et al., 2010). Další důležitou složkou tréninku svalové vytrvalosti je anaerobní statická vytrvalost svalů trupu (Psotta et al., 2006).

Metody tréninku síly

Trénink svalové síly se zaměřuje na fyziologickou, biochemickou, strukturální a morfologickou adaptaci nervosvalového systému. Existuje velké množství metod pro zvyšování sportovní výkonnosti, které se od sebe odlišují tzv. metodotvornými činiteli - velikost odporu, počet opakování nebo doba cvičení, interval odpočinku (zotavení), druh a rychlost svalové kontrakce (Lehnert et al., 2010).

Nejčastěji používané metody tréninku síly ve fotbale jsou metody opakovaného úsilí, rychlostně silové metody, metody kruhového tréninku, plyometrické a izometrické metody (Psotta et al., 2006; Votík, 2005; Weineck, 1996).

Metoda opakovaného úsilí zahrnuje soustavu cvičení zaměřených na harmonický a proporcionální rozvoj svalstva. Rozvíjí spíše absolutní sílu s relativně menšími efekty na úroveň explozivní síly (Psotta et al., 2006). Při zapojení velkého množství svalové hmoty dochází ke zvýšení hladiny anabolických hormonů a ke zlepšení nervosvalové koordinace (Lehnert et al., 2010).

Rychlostně silová metoda je vhodná pro rozvoj explozivní síly (Psotta et al., 2006). Při této metodě se uplatňují cvičení s nižší zátěží se snahou dosáhnout co nejvyšší rychlosti v konečné fázi pohybu. Dochází ke zlepšení nitrosvalové a mezisvalové koordinace (Lehnert et al., 2010).

Podstatou metody kruhového tréninku je střídání zatížení svalových skupin. Tréninkovým efektem kruhové tréninku je maximální síla na základě hypertrofie svalů při základním rozvoji síly a silová vytrvalost (Lehnert et al., 2010).

Plyometrická metoda je vhodná pro rozvoj explozivní síly. Je zaměřená na ovlivňování cyklu natažení a zkrácení svalu (Lehnert et al., 2010). Psotta et al. (2006) rozlišuje plyometrická cvičení podle směru působení reakčních sil, které charakterizuje pohyb těla ve vertikálním směru, ve sdruženém horizontálním a vertikálním směru, a ve sdruženém laterálním a vertikálním směru. Tréninkovým efektem plyometrické metody je rozvoj rychlé síly a prevence zranění při prudkém brzdění pohybu (Lehnert et al., 2010).

Při izometrické metodě se nejčastěji využívá nepohyblivých předmětů. Cvičení je nutné provést v několika úhlech, aby došlo k přenosu přírůstku síly do sportovních výkonů, kde převládají dynamické pohyby (Lehnert et al., 2010). Tréninkovým efektem je zvýšená maximální síla díky zlepšené nitrosvalové koordinaci a dochází k hypertrofii (Lehnert et al., 2010).

2.4.4 Diagnostika síly

Diagnostika síly se uplatňuje v průběhu tréninkových období při kontrole trénovanosti a hodnocení efektivity tréninku (Lehnert et al., 2010). Stanovuje se úroveň jednotlivých svalových skupin a druhů síly u sportovců. Pomocí diagnostiky se vybírají vhodné prostředky a metody tréninku a stanovuje se optimální silové zatížení (Lehnert et al., 2010).

Velikost silových schopností není přímo měřitelná. K jejímu hodnocení se používá mnoho způsobů. Vybírají se dostatečně citlivé testy, které ukazují specifické

změny výkonnosti sportovce. Zátěžová diagnostika se dělí podle místa provedení na laboratorní a terénní (Lehnert et al., 2010).

Laboratorní testování pro diagnostiku síly zahrnuje zejména biomechanická měření. Nejčastěji je testována statická i dynamická síla formou dynamometrie. Výsledkem je vykonaná práce, výkon a moment síly při izometrické, excentrické, koncentrické a izokinetické kontrakci (Lehnert et al., 2010; Morrow et al., 2005).

Terénní testování pro diagnostiku síly zahrnuje cvičení s překonáváním odporu vlastního těla a cvičení s vnějším odporem. Počet opakování, čas výdrže, výška nebo délka skoku bývají označovány jako indikátory výkonu (Lehnert et al., 2010).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 CÍLE

Cílem práce je posoudit vliv specifického únavového protokolu na svalové a nervosvalové funkce u fotbalistů kategorie U16.

3.2 DÍLČÍ CÍLE

- posoudit vliv specifické únavy na izokinetickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu
- posoudit vliv specifické únavy na reaktivní sílu dolních končetin

3.3 HYPOTÉZY

H1: Po absolvování fotbalově-specifického únavového protokolu dojde u sledovaných fotbalistů ke zhoršení indexu reaktivní síly.

H2: Po absolvování fotbalově-specifického únavového protokolu dojde u sledovaných fotbalistů ke zhoršení maximálního momentu svalové síly (PT).

4 METODIKA

4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

Výzkumu se zúčastnili fotbalisté kategorie U16 (n=20; věk = $15,7 \pm 0,5$ let, tělesná hmotnost = $67,28 \pm 8,29$ kg; tělesná výška = $177,75 \pm 6,61$ cm).

Všichni probandi byli seznámeni s průběhem měření, jeho odůvodněním, cíli a metodikou. Hráčům byl v písemné podobě předán informovaný souhlas rodičů a zdravotní dotazník. Tyto dokumenty hráči odevzdávali podepsané zákonným zástupcem několik dní před začátkem výzkumu. Výzkum byl schválen dne 3. 5. 2016 Etickou komisí FTK UP v Olomouci (Příloha 1) pod pracovním názvem „Únava a riziko zranění předního křížového vazy (ACL) u hráčů a hráček dorostenecké kategorie“.

Měření se zúčastnili pouze zdraví jedinci. Týden před měřením se hráči podrobili nácviku únavového protokolu a byla jim změřena tělesná výška a hmotnost. Hráči byli poučeni, aby 24 hodin před začátkem izokinetického testování nevykonávali žádné intenzivní cvičení.

Pro vyhodnocení naměřených hodnot byl použit maximální moment síly (peak torque = PT).

4.2 POSTUP MĚŘENÍ

Měření proběhlo v prostorách FTK UP v Olomouci. Testování byli opět seznámeni s průběhem měření.

Po rozehřátí a dynamické rozcvičce byla měřena reaktivní síla a svalová tuhost za využití zařízení Optojump next (Microgate, Bolzano, Italy). Následně proběhlo izokinetické testování dominantní a nedominantní dolní končetiny spojené s měřením EMG vybraných svalových skupin. Poté testování absolvovali specifický únavový protokol Soft 90, který simuloval zápasové zatížení, po kterém následovalo srovnávací měření.

4.2.1 Rozcvičení

Všichni účastníci byli podrobeni rozcvičení, aby se předešlo případným zraněním. Rozcvičení se skládalo z částí:

- 1) rozehřátí na bicyklovém ergometru: 5 minut,
- 2) dynamického strečinku,
 - protažení hamstringů,
 - protažení m. quadriceps,
 - protažení lýtkových svalů
- 3) 15 podřepů,
- 4) individuálního protažení.

4.2.2 Izokinetické testování

Unilaterální síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu u dominantní a nedominantní dolní končetiny byla měřena na izokinetickém dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany), jehož reliabilita dosahuje vysokých hodnot jak v koncentrickém ($r = 0,91-0,98$), tak v excentrickém ($r = 0,96-0,98$) režimu svalové kontrakce (Dirnberger, Kösters, & Müller, 2012).

Při testování hráči seděli s úhlem kyčelního kloubu okolo 100° flexe, ruce měli na madlech podél sedadla. Testování byli pasivně fixováni upevňovacími popruhy v oblasti ramen, pánve a stehna. Osa otáčení dynamometru byla nastavena na palpačně ozřejměný laterální kondyl femuru. Rameno páky dynamometru bylo připevněno k distální části bérce, 2 cm nad palpačně ozřejměným mediálním malleolem.

Z důvodu svalového zkrácení při plné extenzi kolenního kloubu, byl rozsah pohybu omezen na 80° , výchozí poloha byla flexe 10° v kolenním kloubu. Měření bylo provedeno při úhlových rychlostech $60^\circ/s$ a $180^\circ/s$ v koncentrickém a excentrickém režimu svalové kontrakce flexorů extenzorů kolenního kloubu.

Před samotným měřením hráči provedli jednu sérii cvičení v koncentrickém a excentrickém režimu. Pravá noha byla měřena jako první, hráči provedli sadu 3 maximálních opakování. Následovala doba odpočinku 3 minuty a potom bylo provedeno měření na levé noze. V průběhu měření byla aktivována gravitační korelace.

Výstupní hodnotou měření byla hodnota maximálního momentu síly (PT).

4.2.3 Stanovení indexu reaktivní síly

RSI byl stanoven prostřednictvím drop jump testu. Vertikální provedení skoku bylo hodnoceno pomocí přenosného optického systému časování Optojump Next (Micrograte, Bolzano, Italy). Hráči měli za úkol seskočit z 30 cm vysokého stupínku a ihned po dopadu provést maximální výskok za co nejkratší dobu odrazu (Dalleau, Belli, Viale, Lacour, & Bourdin, 2004). Hráči provedli 2 testovací a následně 3 měřené pokusy. Nejlepší výsledek tzn. nejvyšší, s nejnižší dobou kontaktu na podložce, byl použit pro další analýzu. Testování měli při skocích ruce v bok, aby neovlivnili výšku skoku švihovou prací horních končetin. RSI byl vypočítán na základě doby kontaktu na podložce a doby bezoporové fáze (Flanagan, & Comyns (2008) [vzorec].

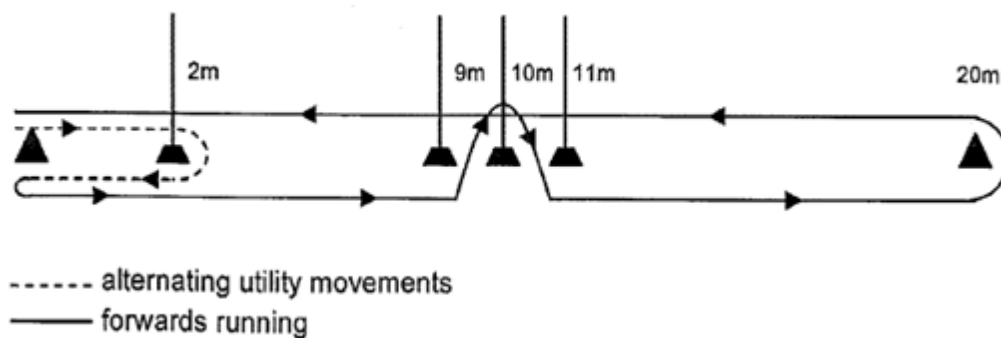
$$\text{Index reaktivní síly (RSI)} = \text{výška skoku (mm)} / \text{doba kontaktu (ms)}$$

[vzorec]

4.2.4 Únavový protokol Saft 90

Specifický únavový protokol Saft 90 byl vytvořen dle zápasových dat 2. anglické ligy (Prozone[®]) a validovaného Lovellem et al. (in Small, McNaughton, Greig, & Lovell, 2010, 121).

Jedná se o individuální běžecký únavový protokol mezi kužely na dráze o délce 20 m (obrázek 10) obsahující vícesměrné pohyby a změny rychlostí a to v délce odpovídající základní hrací době soutěžních utkání dané věkové kategorie dle aktuálních pravidel Fotbalové asociace České Republiky, tj. 2 x 40 min., s 15 min. poločasové pauzy (Pravidlová komise FAČR, 2011). Testování prováděli běh pozadu, nebo úhyb do strany kolem prvního kuželu, následovaným čelním během kolem 3 středových kuželů (obrázek 10), (De Ste Croix et al., 2012a).



Obrázek 9. Schéma dráhy pro únavový protokol SAFT⁹⁰ (De Ste Croix, 2012, 46)

Prostřednictvím MP3 přehrávače byla řízena intenzita jednotlivých běhů. Testování se řídilo sekvencí povelů, které se neustále měnily na obou koncích dráhy.

4.2.5 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování dat byl použit software Statistika 12 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA). U všech sledovaných parametrů měření byla provedena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr a směrodatná odchylka). Data byla kontrolována testem Kolmogorov-Smirnov. Ke stanovení významnosti rozdílů sledovaných parametrů byl použit T-test závislých vzorků. Statistická významnost byla posuzována podle hladiny statistické významnosti $p < 0,05$. Pro velikost „effect size“ byl použit koeficient ω^2 ($0,01 \leq \omega^2 \leq 0,05$ – malý rozdíl; $0,6 \leq \omega^2 \leq 0,13$ – střední rozdíl; $\omega^2 \geq 0,14$ – velký rozdíl), (Vincent, 1995).

5 VÝSLEDKY

Vlastní testování svalové síly bylo provedeno v souladu s metodikou v úhlových rychlostech 60°/s a 180°/s v koncentrickém a excentrickém režimu svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolenního kloubu.

Hodnoty naměřené před a po únavovém protokolu jsou uvedeny v Tabulce 2.

Nebyla zaznamenána statisticky významná změna PT v koncentrické a excentrické svalové síle.

Tabulka 2. Střední hodnoty izokinetické síly u flexorů a extenzorů kolenního kloubu před a po absolvování únavového protokolu

Proměnné	Před únavovým protokolem		Po únavovém protokolu	
	M1 ± SD	Mdn	M2 ± SD	Mdn
PT _{Q_C60_DL}	211,87 ± 45,54	206,85	204,72 ± 49,11	204,85
PT _{Q_C180_DL}	179,12 ± 30,12	176,90	177,735 ± 35,17	173,65
PT _{Q_C60_NL}	197,04 ± 44,93	188,00	193,0316 ± 41,82	195,50
PT _{Q_C180_NL}	165,94 ± 34,12	172,20	168,2474 ± 38,71	171,50
PT _{H_C60_DL}	144,14 ± 22,39	141,40	142,775 ± 23,60	143,30
PT _{H_C180_DL}	170,20 ± 27,30	175,15	163,88 ± 26,15	160,75
PT _{H_C60_NL}	138,53 ± 31,79	131,35	133,2 ± 29,80	120,25
PT _{H_C180_NL}	160,64 ± 30,68	153,10	155,985 ± 24,60	151,75
PT _{H_E60_DL}	157,37 ± 34,27	157,35	149,43 ± 30,00	145,00
PT _{H_E180_DL}	187,66 ± 26,56	185,90	181,76 ± 24,22	184,55
PT _{H_E60_NL}	149,22 ± 35,13	142,20	134,84 ± 28,26	127,90
PT _{H_E180_NL}	181,22 ± 25,63	177,10	177,95 ± 25,21	179,75
RSI	0,40 ± 0,07	0,39	0,43 ± 0,06	0,42*

Vysvětlivky: $M \pm SD$ – aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka

Mdn – medián

PT – „peak torque“

C – koncentrický režim kontrakce

E – excentrický režim kontrakce

60, 180 – úhlové rychlosti

Q – m. quadriceps

H – hamstringy

DL – dominantní dolní končetina

NL – nedominantní dolní končetina

RSI – index reaktivní síly

* – statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)

Index reaktivní síly

Po absolvování únavového protokolu byly u drop jump testu naměřeny vyšší hodnoty výskoků u všech probandů. T-test pro závislé vzorky ukázal na statisticky významné zvýšení ($p=0,001$) indexu reaktivní síly po absolvování únavového protokolu. Naopak hodnoty effect size ($\omega^2=0,4$) ukázaly na malý rozdíl mezi hodnotami RSI před a po únavovém protokolu.

Maximální moment síly

Po absolvování únavového protokolu bylo zjištěno mírné snížení PTH_E180_DL o 3,1% ($p = 0,06$), PTQ_C60_DL o 3,3% ($p = 0,08$), PTH_C180_DL o 7% ($p = 0,09$), PTH_E60_DL o 5% ($p = 0,08$) a PTH_C180_NL o 2,9% ($p = 0,11$). T-test pro závislé vzorky nezjistil statisticky významnou změnu maximálního momentu síly po absolvování únavového protokolu. Všichni probandi ve všech měřeních dosahovali vyšších hodnot u extenze než u flexe v koncentrickém režimu u DDK i NDK.

5.1 Vyjádření k hypotézám

H1: Po absolvování fotbalově-specifického únavového protokolu dojde u sledovaných fotbalistů ke zhoršení indexu reaktivní síly.

Stanovená hypotéza se **nepotvrdila**. Po absolvování fotbalově-specifického únavového protokolu došlo u sledovaných fotbalistů ke statisticky významnému ($p < 0,05$) zvýšení indexu reaktivní síly.

H2: Po absolvování fotbalově-specifického únavového protokolu dojde u sledovaných fotbalistů ke zhoršení (PT).

Stanovená hypotéza se **nepotvrdila**. Po absolvování fotbalově-specifického únavového protokolu nedošlo u sledovaných fotbalistů ke statisticky významným ($p > 0,05$) změnám PT v koncentrické a excentrické svalové síle kolenního kloubu.

6 DISKUSE

Index reaktivní síly

Nástrojem pro vyjádření schopností rychlého přechodu z excentrické do koncentrické svalové kontrakce se považuje index reaktivní síly (Young, 1995). Vyšší naměřená hodnota RSI udává lepší vyrovnání organismu se stresem u svalově-šlachového komplexu při pohybech v režimu natažení a následného zkrácení svalů. Námi naměřené hodnoty prokázaly signifikantní zvýšení ($p < 0,05$) v indexu reaktivní síly po absolvování únavového protokolu.

Výsledky naší studie prokázaly statisticky významné zvýšení ($p = 0,001$) indexu reaktivní síly po absolvování únavového protokolu. Naopak hodnoty effect size ($\omega^2 = 0,4$) ukázaly na malý rozdíl mezi hodnotami RSI před a po únavovém protokolu. Tyto výsledky byly poněkud překvapivé, avšak jedním z možných vysvětlení byla nedostatečná zátěž simulovaného zápasu (Saft 90) vzhledem k úrovni trénovanosti probandů v této věkové kategorii. Vliv věku na svalovou kontrolu pohybu zkoumala studie (De Ste Croix et al., 2012), která prokázala u mladých fotbalistek zhoršení v kategorii U13, beze změny v kategorii U15 a zlepšení v kategorii U17 po absolvování specifického únavového protokolu. Naši probandi patřili do věkové kategorie U16.

Ve studii Lehnert et al. (2016), došlo oproti našim výsledkům ke zhoršení hodnot RSI po absolvování specifického únavového protokolu. Výsledky mohly být ovlivněny nižším věkem probandů a předchozím cíleným nácvikem testovaného pohybu v průběhu sezóny. Naši probandi měli před provedením testu pouze 2 cvičné pokusy.

Naměřené hodnoty u našich probandů také nastolují otázku, jak reprezentativním markerem při hodnocení únavy a predikce poranění kolenního kloubu je samotný RSI.

Jiné hodnocení zvolili Toumi et al., (2006), kteří ve svém výzkumu sledovali rozdíl v naměřených hodnotách u testu maximálních skoků před a po únavovém protokolu. Monitorovali únavu po dvou rozdílných únavových protokolech. Stejně jako při našem výzkumu byl použit drop jump test jako nástroj pro stanovení schopností vykonávat excentricko-koncentrické pohyby. Výsledky drop jump testu však nebyly převáděny na RSI, porovnávaly se mezi sebou výšky skoků před a po absolvování únavových protokolů. Měření se zúčastnilo 16 mužů (věk $M = 24 \pm 4$ let), kteří byli rozděleni do dvou skupin na základě únavových protokolů. Výsledky poukázaly na statisticky významné ($p < 0,05$) zhoršení

ve výsledných hodnotách drop jump testu po absolvování únavového protokolu. Skupina, která absolvovala excentricko-koncentrické cvičení při únavovém protokolu, dosáhla horších výsledků než skupina, která vykonala cvičení izometrické.

Maximální moment síly

Svalová síla patří mezi nejdůležitější komponenty sportovního výkonu ve fotbale. Extenzory kolenního kloubu mají významnou roli ve výskocích, kopech do míče a běžeckých sprintech. Flexory kolenního kloubu ovlivňují délku kroku, kontrolují běžeckou činnost, stabilizují kolenní kloub při rychlých změnách směru, akceleracích a deceleracích (Lehance, et al., 2009). Tyto činnosti jsou podřízené úrovni maximální síly nervosvalového systému, především dolních končetin (Cometti et al., 2001).

Výsledky našeho měření nepotvrdily statisticky významné rozdíly v síle kolenních flexorů a extenzorů po absolvování specifického únavového protokolu. Zaznamenali jsme snížení PTH_E180_DL o 3,1% ($p = 0,06$), PTQ_C60_DL o 3,3% ($p = 0,08$), PTH_C180_DL o 7% ($p = 0,09$), PTH_E60_DL o 5% ($p = 0,08$) a PTH_C180_NL o 2,9% ($p = 0,11$). Tyto hodnoty u našeho souboru nenaznačují zhoršení stabilizační funkce svalů kontrolující kolenní kloub a tedy zvýšené riziko zranění. V současné době není mnoho studií zabývajících se stejnou tematikou. Výsledky bylo možné porovnat pouze s podobnou studií u dospělých hráčů. Greig (2008) ve své studii zjistil pouze zhoršení excentrické síly hamstringů při vyšších úhlových rychlostech ($180^\circ/s$ a $300^\circ/s$) po aplikaci zátěžového protokolu (90 minutový běh na běžícím pásu, simulující fotbalové utkání). Hodnoty u ostatních svalových skupin nevykazovaly významné rozdíly, stejně jako při úhlové rychlosti $60^\circ/s$ u všech svalových skupin. Podobné závěry vyplývají ze studie Small et al. (2010), kde také pozorovali pouze snížení excentrické svalové síly u hamstringů (významné snížení PT o 16,8 % při úhlové rychlosti $120^\circ/s$).

Naměřené výsledky u našeho souboru neprokazující statisticky významné rozdíly před a po absolvování specifického únavového protokolu, byly pravděpodobně způsobeny nedostatečnou zátěží při únavovém protokolu. Tuto úvahu by mohly potvrdovat i studie prokazující redukci PT u m. quadriceps femoris a hamstringů po zátěži u méně trénovaných jedinců (Rahnama et al., 2003; Robineau, Jouaux, Lacroix, & Babault, 2012).

7 ZÁVĚRY

1. Po absolvování specifického únavového protokolu došlo u fotbalistů U16 ke statisticky významným změnám RSI a to ve smyslu zvýšení indexu. Tyto změny však nezvyšují předpokládané riziko zranění při únavě.
2. Po absolvování specifického únavového protokolu nedošlo u fotbalistů U16 ke statisticky významným změnám PT v koncentrické a excentrické svalové síle hamstringů a v koncentrické svalové síle kvadricepsů.
3. Výsledky studie jednoznačně nepotvrdily zhoršení svalových a nervosvalových funkcí u sledovaných skupin fotbalistů po absolvování únavového protokolu.

8 SOUHRN

Cílem bakalářské práce bylo posoudit změnu izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu a reaktivní sílu po absolvování specifického únavového protokolu u fotbalistů U16.

Teoretická část bakalářské práce se zaměřuje na kolenní kloub, místo častého poranění u hráčů fotbalu. Závažné je zejména poranění LCA, které vede k nestabilitě kolenního kloubu. Frekvenci úrazu ovlivňuje oslabení svalových skupin, únava nebo nedostatečná trénovanost.

Výzkumná část bakalářské práce zahrnuje popis použité metodiky. Sledovaný soubor tvořili hráči fotbalu U16 ($n=20$; věk $M=15,7\pm 0,5$ let, tělesná hmotnost $M=67,28\pm 8,29$ kg; tělesná výška $M=177,75\pm 6,61$ cm). Testování bylo provedeno prostřednictvím izokinetického dynamometru Isomed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) a opticky měřícího zařízení Optojump next (Microgate, Bolzano, Italy). K izokinetickému testování svalové síly flexorů a extenzorů kolena byla použita úhlová rychlost $60^\circ/s$ a $180^\circ/s$ v koncentrickém a excentrickém režimu. Sledovaný parametr byl maximální moment síly PT (Nm). Ke stanovení reaktivní síly byl použit test maximálních výskoků, které byly vykonány před a po absolvování únavového protokolu. RSI se vypočítalo jako poměr doby kontaktu na podložce a doby bezoporové fáze (Flanagan, & Comyns, 2008). Specifický únavový protokol Saft 90 byl použit jako simulace obdobné únavy po fotbalovém utkání. T-test pro závislé vzorky neprokázal signifikantní snížení hodnot maximálního momentu síly. Naopak došlo k statisticky významnému zvýšení hodnot indexu reaktivní síly ($p=0,001$) po absolvování specifického únavového protokolu.

Ze získaných výsledků vyplývá, že nedošlo ke statisticky významným změnám PT v koncentrické a excentrické svalové síle kolenního kloubu. Po absolvování specifického únavového protokolu došlo ke statisticky významným změnám v indexu reaktivní síly. Došlo ke zvýšení hodnot RSI, které však nevysvětlují předpokládané větší riziko poranění při únavě.

9 SUMMARY

The aim of this study was to assess the change in isokinetic muscle strength of the knee flexors and extensors and reactive strength of soccer players U16 after completed specific fatigue protocol.

The theoretical part of the thesis focuses on the knee joint, the location of common injuries for soccer players. LCA injury, which leads to knee joint instability, is particularly serious. The injury frequency is influenced by weakening of muscle groups, fatigue or a lack of training.

The research part includes a description of used methodology. The monitored group consisted of soccer players U16 (n=20; age $M=15.7\pm 0.5$ years, body weight $M=67.28\pm 8.29$ kg; body height $M=177.75\pm 6.61$ cm). Testing was performed using isokinetic dynamometer Isomed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) and an optical measuring device Optojump next (Microgate, Bolzano, Italy). The isokinetic strength of the knee flexors and extensors was measured in angular velocity $60^\circ/s$ and $180^\circ/s$ in concentric and eccentric regime. The monitored parameter was peak torque (PT) (Nm). Reactive strength was measured during vertical test of maximal jump hopping. The test was used before and after specific fatigue protocol. RSI was calculated as the ratio between jump height and contact time on the floor (Flanagan, & Comyns, 2008). To simulate fatigue similar to the one after a real soccer match the specific fatigue protocol Saft 90 was applied. T-test for contingent samples did not confirm a significant decrease in maximum strength point values. In contrast, there was a statistically significant index increase of reactive strength ($p=0.001$) after completing the specific fatigue protocol.

The results suggest a statistically significant change has not been not found in PT in concentric and eccentric muscle strength of the knee joint. After completing the specific fatigue protocol a significant change in reactive strength index was found. There has been an increase in RSI values which, however, does not explain the predicted higher risk of injury during fatigue.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Bahr, R., Bizzini, M., Fuller, C. W., Graf-Baumann, T., Helsen, W., Kikendall, D., Marquardt, B., & Peterson, L. (2008). *Manuál fotbalové medicíny* (přeložil Jiří Chromiak). Praha: Olympia.
- Bartoníček, J., Čech, O., & Sosna, A. (1986). *Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu*. Praha: Avicenum.
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf.
- Bangsbo, J. (2003) *Fitness Training in Soccer*. Auburn, MICH: Reedwain Publishing.
- Bompa, T., O. (1999). *Periodization training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cohen, J. (1998). *Statistical power analysis for the behavioral science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffuli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur french soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 45–51.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie I*. Praha: Grada.
- De Ste Croix, M. B. (2012a). *Protect her knees – Exploring the role of football specific fatigue on dynamic knee stability in female youth football players*. A project funded by the UEFA Research Grant programme. University of Gloucestershire.
- De Ste Croix, M. B., Priestley, A., Lloyd, R. S., & Oliver J. L. (2015). ACL injury risk in elite female youth soccer: changes in neuromuscular control of the knee following soccer fatigue. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 531–538.
- Dirnberger, J., Kösters, A., & Müller, E. (2012). Concentric and eccentric isokinetic knee extension: A reproducibility study using the IsoMed 2000-dynamometer. *Isokinetics Exercise Science*, 20, 31–35.
- Ditmar, R. (1992). *Instability kolenního kloubu*. 1.vyd., Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci.
- Doubková, A., & Linc, R. (2006). *Anatomie pro studijní bakalářský program fyzioterapie*. 1.vyd. Praha: Karolinum.
- Dungl, P. et al. (2005). *Ortopedie*. Praha: Grada.


- Ekblom, B. (2003). The physiology of football. In J. Ekstrand, J. Karlsson, & A. Hodson (Eds.), *Football Medicine* (pp. 139–161). London: Martin Dunitz.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2009). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 553–558.
- Flanagan, E. P. & Comyns, T. M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast SSC training. *Strength and Conditioning Journal*, 30(5), 32–38.
- Gallo, J., et al. (2011). *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Greig, M. (2008). The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *American Journal of Sports Medicine*, 36, 1403–1409.
- Havlíčková, L., et al. (1993). *Fyziologie tělesné zátěže II. Speciální část – 1. díl*. 1. vyd. Praha: Karolinum.
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W. (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 196–203.
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Sdružení sport a věda.
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: Summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311–319.
- Hošková, B., et al. (2010). *Masáž a regenerace ve sportu*. 1. vyd. Praha: Karolinum.
- Jančík, J., Závodná, E., & Novotná, M. (2007). *Fyziologie tělesné zátěže - vybrané kapitoly*. Brno: Fakulta sportovních studií (CS).
- Janura, M. (2004). *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Keller, C. S., Noyes, F. R., & Buncher, C. R. (1987). The medical aspects of soccer injury epidemiology. *American Journal of Sports Medicine*, 15(3), 230–237.
- Kolář, P., et al. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. 1.vyd. Praha: Galen.

- Krustrup, P., Mohr, M., Steensburg, A., Bencke, A., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2005). Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1165–1174.
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 19(2), 243–251.
- Lehnert, M., De Ste Croix, M., Zaatari, A., Hughes, J., Varekova, R., Lastovicka, O. (2016). Muscular and neuromuscular control following soccer-specific exercise in youth male footballers: Changes in injury risk mechanisms. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Liorzou, G. (1991). *Knee ligaments: Clinical examination*. Berlin: Springer-Verlag.
- Lovell, R., Knapper, B., & Small, K. (2008). Physiological responses to SAFT90: a new soccer-specific match simulation. In *Verona-Ghirada Team Sports Conference Proceedings*.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Mayer, M., & Smékal, D. (2004). Měkké struktury kolenního kloubu a poruchy motorické kontroly. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 3, 111–117.
- Melnyk, M., & Gollhofer, A. (2007). Submaximal fatigue of the hamstrings impairs specific reflex components and knee stability. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 15, 525–532.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sport Sciences*, 21(7), 519–527.
- Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G., & Mood, D. P. (2005). *Measurement and evaluation in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Neumann, D. A. (2002). Knee. In D. A. Neumann (Ed.), *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation*. St. Louis, MO: Mosby, Inc.

- Padua, D. A., Arnold, B. L., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Carcia, CH. R., & Granata, K. P. (2006). Fatigue, vertical leg stiffness and stiffness kontrol strategies in males and females. *Journal of Athletic Training*, 41(3), 294–304.
- Psotta, R. (2003). *Analýza intermitentní pohybové aktivity*. Praha: Karolinum, Univerzita Karlova.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Petrovický, P. (2001). *Anatomie s topografií a klinickými aspekty*. 1. vyd. Martin: Osvěta.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada.
- Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A., Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 21, 933–42.
- Robineau, J., Jouaux, T., Lacroix, M., & Babault, N. (2012). Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling, *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26, 555–562.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010) The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk, *Journal of Science & Medicine in Sport*, 13, 120–126.
- Süss, V. (2005). Třídění sportovních her. *Telesná výchova a šport*, 15(3–4), 21–23.
- Toumi, H., Poumarat, G., Best, T. M., Martin, A., Fairclough, J., & Benjamin, M. (2006). Fatigue and muscle-tendon stiffness after stretch-shortening cycle and isometric exercise. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism journal*, 31, 565–572.
- Vincent, W. J. (1995). *Statistics in Kinesiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu „B“ UEFA licence*. Praha: Olympia.
- Weineck, J. (1996). Rozvoj silových schopností. *Fotbal a trénink*, 1, 17–22.
- Wikstrom, E. A., Tillman M. D., Chmielewski, T. L., & Borsa, P. A. (2006). Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sports medicine*, 36(5), 393–410.
- Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics*, 10, 88–96.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření etické komise



Fakulta
tělesné kultury

Vyjádření Etické komise FTK UP

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

Na základě žádosti ze dne 25. 4. 2016 byl projekt výzkumu

autorů: **doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.; Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.; Mgr. Amr Zaatar, Ph.D., Mgr. Zuzana Xaverová; Bc. Ondřej Laštovička; Bc. Marian Opavský; Bc. Tereza Vilimová**

s názvem
Únava a riziko zranění předního zkříženého vazů (ACL) u hráčů a hráček dorostenecké kategorie

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 40/2016
dne: 3. 5. 2016

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

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

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