

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

SEZÓNŇNÍ VARIABILITA IZOKINETICKÉ SÍLY FLEXORŮ A EXTENZORŮ  
KOLENE U FOTBALISTŮ KATEGORIE U19

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Bc. Petr Chvojka, tělesná výchova – učitelství matematiky pro 2. stupeň ZŠ

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

Olomouc 2013

## Bibliografická identifikace

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Petr Chvojka

**Název diplomové práce:** Sezónní variabilita izokinetické síly flexorů a extenzorů kolene u fotbalistů kategorie U19

**Pracoviště:** Katedra sportu

**Vedoucí diplomové práce:** doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2013

**Abstrakt:** Cílem práce je posoudit z výkonnostního a zdravotního hlediska dynamiku změn izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu na začátku zimního přípravného období, po skončení zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období u fotbalistů kategorie U19. Síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla měřena u hráčů SK Sigma Olomouc ( $n=9$ ; průměrný věk  $18,5 \pm 0,4$ ) na izokinetickém dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) v úhlové rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$ . Pro vyhodnocení byly použity parametry peak torque (PT), konvenční H/Q poměr ( $H/Q_{KON}$ ), funkční H/Q poměr ( $H/Q_{FUN}$ ) a funkční H/Q poměr v rozsahu  $10-30^\circ$  kolenní flexe ( $H/Q_{FUN_{10-30}}$ ). Friedmanova ANOVA ukázala na signifikatní změny ( $p < 0,05$ ) PT v průběhu ročního tréninkového cyklu (RTC) pouze u extenzorů na nedominantní dolní končetině (NDK) v koncentrickém režimu. Při hodnocení dysbalance sil kolenních flexorů a extenzorů pomocí  $H/Q_{KON}$  a  $H/Q_{FUN}$  poměru nedošlo u sledovaného souboru k signifikantním změnám v průběhu RTC. Pomocí Wilcoxonova párového testu byl nalezen statisticky významný ( $p=0,03$ ) pokles hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na dominantní dolní končetině (DDK) mezi měřeními na začátku a na konci zimního přípravného období.

**Klíčová slova:** H/Q poměry, svalová síla, zranění, fotbal, periodizace

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Bc. Petr Chvojka

**Title of the master thesis:** Seasonal variation in isokinetic strength of knee flexors and extensors in soccer players U19

**Department:** Department of Sport

**Supervisor:** doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**The year of presentation:** 2013

**Abstract:** The aim of this study is to evaluate dynamic changes in isokinetic muscle strength of the knee flexors and extensors in soccer players U19 at the beginning of the winter preparatory period, after completing winter preparatory period and at the end of the spring competitive period from the performance and health perspective. The strength of flexors and extensors was measured in players of SK Sigma Olomouc ( $n=9$ ; the average age  $18,5\pm 0,4$ ) on the isokinetic dynamometer IsoMed 2000 in angular velocity  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ . Monitored parameters were peak torque (PT), conventional H/Q ratio ( $H/Q_{KON}$ ), functional H/Q ratio ( $H/Q_{FUN}$ ) and functional H/Q ratio in range  $10-30^{\circ}$  of knee flexion ( $H/Q_{FUN_{10-30}}$ ). Friedman's ANOVA showed significant changes ( $p<0,05$ ) in PT during annual training cycle just in extensors concentrically in nondominant leg. While evaluating strength imbalance of knee flexors and extensors there were found no significant changes in  $H/Q_{KON}$  and  $H/Q_{FUN}$  ratios during annual training cycle. Wilcoxon's couple test found significant decrease ( $p=0,03$ ) of  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  ratio in dominant leg between measurements at the beginning of the winter preparatory period and at the end of the winter preparatory period.

**Keywords:** H/Q ratios, muscle strength, injury, soccer, periodization

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. dubna 2013

.....

Děkuji vedoucímu práce doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za individuální přístup a cenné rady, které mně poskytl při zpracování diplomové práce. Dále děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při statistickém zpracování dat. V neposlední řadě děkuji také přítelkyni Alžbětě za trpělivost a podporu při psaní této práce.

## **OBSAH**

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2 PŘEHLED POZNATKŮ</b> .....	<b>10</b>
2.1 SPORTOVNÍ VÝKON VE FOTBALE .....	10
2.1.1 Herní výkon ve fotbale .....	10
2.1.2 Kondiční faktory herního výkonu .....	12
2.1.3 Síla jako složka kondice .....	13
2.1.3.1 Biologické determinanty a faktory svalové síly .....	14
2.1.3.2 Druhy síly .....	17
2.1.3.3 Vliv síly na herní výkon ve fotbale .....	17
2.2 SPORTOVNÍ TRÉNINK VE FOTBALE .....	19
2.2.1 Trénink síly .....	20
2.2.1.1 Metody a efekty tréninku síly ve fotbale .....	21
2.2.2 Periodizace sportovního tréninku .....	23
2.2.2.1 Roční tréninkový cyklus ve fotbale .....	24
2.2.2.2 Periodizace tréninku síly .....	26
2.2.2.3 Vliv redukováného tréninku síly na svalové funkce .....	27
2.3 ZRANĚNÍ VE FOTBALE .....	29
2.3.1 Rizikové faktory zranění .....	29
2.3.2 Zranění kolenního kloubu a hamstringů .....	29
2.3.2.1 Zranění LCA .....	30
2.3.2.2 Zranění hamstringů .....	30
2.3.3 Prevence zranění LCA a hamstringů .....	31
2.4 IZOKINETICKÁ DYNAMOMETRIE .....	31
2.4.1 Izokinetické testování flexorů a extenzorů kolenního kloubu .....	34
2.4.1.1 H/Q poměry a jejich vztah k riziku zranění kolenního kloubu .....	35
<b>3 CÍLE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY</b> .....	<b>38</b>
3.1 CÍL PRÁCE .....	38
3.1.1 Dílčí cíle .....	38
3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	38
<b>4 METODIKA</b> .....	<b>39</b>

4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU .....	39
4.2 POSTUP MĚŘENÍ.....	39
4.2.1 Rozcvičení.....	40
4.2.2 Použité metody .....	40
4.3 TERMÍNY MĚŘENÍ.....	41
4.4 TRÉNINKOVÉ ZATÍŽENÍ HRÁČŮ .....	42
4.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....	43
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>44</b>
5.1 PEAK TORQUE .....	44
5.2 KONVENČNÍ POMĚR $H/Q_{KON}$ .....	51
5.3 FUNKČNÍ POMĚR $H/Q_{FUN}$ .....	52
5.4 FUNKČNÍ POMĚR $H/Q_{FUN_{10-30}}$ .....	53
5.5 VYJÁDŘENÍ K VÝZKUMNÝM OTÁZKÁM.....	55
<b>6 DISKUSE.....</b>	<b>56</b>
<b>7 ZÁVĚRY.....</b>	<b>69</b>
<b>8 SOUHRN .....</b>	<b>70</b>
<b>9 SUMMARY .....</b>	<b>72</b>
<b>10 REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>74</b>
<b>11 PŘÍLOHY .....</b>	<b>90</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

1 OM – opakovací maximum (hmotnost břemene, s nímž cvičenec vykoná maximálně 1 opakování cviku)

AT<sub>10-30</sub> – average torque (průměrný moment síly) v rozsahu 10-30° kolenní flexe

CNS – centrální nervová soustava

DDK – dominantní dolní končetina

E – extenzory kolenního kloubu

F – flexory kolenního kloubu

H/Q<sub>FUN</sub> – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu

H/Q<sub>FUN\_0-30</sub> – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu v rozsahu 0-30° kolenní flexe

H/Q<sub>FUN\_10-30</sub> – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu v rozsahu 10-30° kolenní flexe

H/Q<sub>KON</sub> – konvenční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu

HČJ – herní činnosti jednotlivce

ID – izokinetická dynamometrie

IHV – individuální herní výkon

LCA – přední zkřížený vaz

LDK – levá dolní končetina

NDK – nedominantní dolní končetina

PDK – pravá dolní končetina

PT – peak torque (maximální moment síly)

RTC – roční tréninkový cyklus

THV – týmový herní výkon



## 1 ÚVOD

V posledních desetiletích nastaly významné změny ve světovém sportu, které měly bezprostřední vliv na evoluci v tréninkovém procesu. Úroveň sportovních výkonů je celosvětově charakteristická svou vzestupnou tendencí. Současný sport, typický propracovanými tréninkovými metodami, psychologickým poradenstvím, kvalitní lékařskou péčí a výživou, se stále více opírá o poznatky získané prostřednictvím vědy a výzkumu. Jednou ze základních podmínek dalšího zvyšování výkonnosti sportovců je řízení tréninkového procesu na základě informací získaných prostřednictvím objektivních s spolehlivých diagnostických nástrojů.

Herní výkon hráče fotbalu v utkání má specifický charakter a klade vysoké nároky na jednotlivé kondiční schopnosti. Svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu je považována za jednu z velmi důležitých komponent kondice fotbalistů. Diagnostika silových schopností by měla být nedílnou součástí tréninkového procesu hráčů fotbalu. Izokinetická dynamometrie umožňuje nejen stanovení aktuální úrovně svalové síly, ale i detekci svalových oslabení a dysbalancí a prevenci zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu.

Diplomová práce je zaměřena na posouzení změn izokinetické svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi měřeními v průběhu ročního tréninkového cyklu, které vznikají v důsledek specifického tréninkového a soutěžního zatížení hráčů fotbalu. Využití izokinetické dynamometrie jako diagnostického, rehabilitačního a tréninkového prostředku není v České republice prozatím běžné. Významnou roli zde hraje finanční dostupnost, či spíše nedostupnost, izokinetických přístrojů. Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci vlastní jako jediné pracoviště v České republice základní modul izokinetického dynamometru IsoMed 2000 a s ním kompatibilní modul legpress. A právě výsledky získané při měření na přístroji IsoMed 2000 byly využity pro zpracování této práce.

## **2 PŘEHLED POZNATKŮ**

### **2.1 SPORTOVNÍ VÝKON VE FOTBALE**

„Sport je nesmírně důležitý fenomén obecně pojatého života v jednadvacátém století“ (Hogenová, 2005, 29). Sportovní výkon představuje jednu z hlavních kategorií sportu a sportovního tréninku, je k němu soustředěna pozornost sportovců, trenérů a dalších odborníků (Dovalil et al., 2009). Lehnert, Novosad a Neuls (2001, 8) charakterizují sportovní výkon „jako projev specializovaných schopností sportovce. Jeho obsahem je uvědomělá pohybová činnost zaměřená na řešení úkolu, který je vymezen pravidly jednotlivých disciplín, závodů, soutěží a klání“. Ve výkonnostním a vrcholovém sportu je hlavním cílem dosažení maximální sportovního výkonu (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer, & Botek, 2010; Měkota & Cuberek, 2007).

Problematice sportovního výkonu se věnuje řada světových i domácích publikací. Nové poznatky se rychle projeví ve sportovní praxi prostřednictvím vzrůstající úrovně vzdělanosti trenérů, kteří zvýšili účinnost tréninků. Hlubší poznání sportovního výkonu má tedy zásadní význam pro stavbu sportovního tréninku. Vztah mezi sportovním tréninkem a výkony sportovců má kauzální povahu – trénink je příčinou a výkon výsledkem (Dovalil et al., 2009).

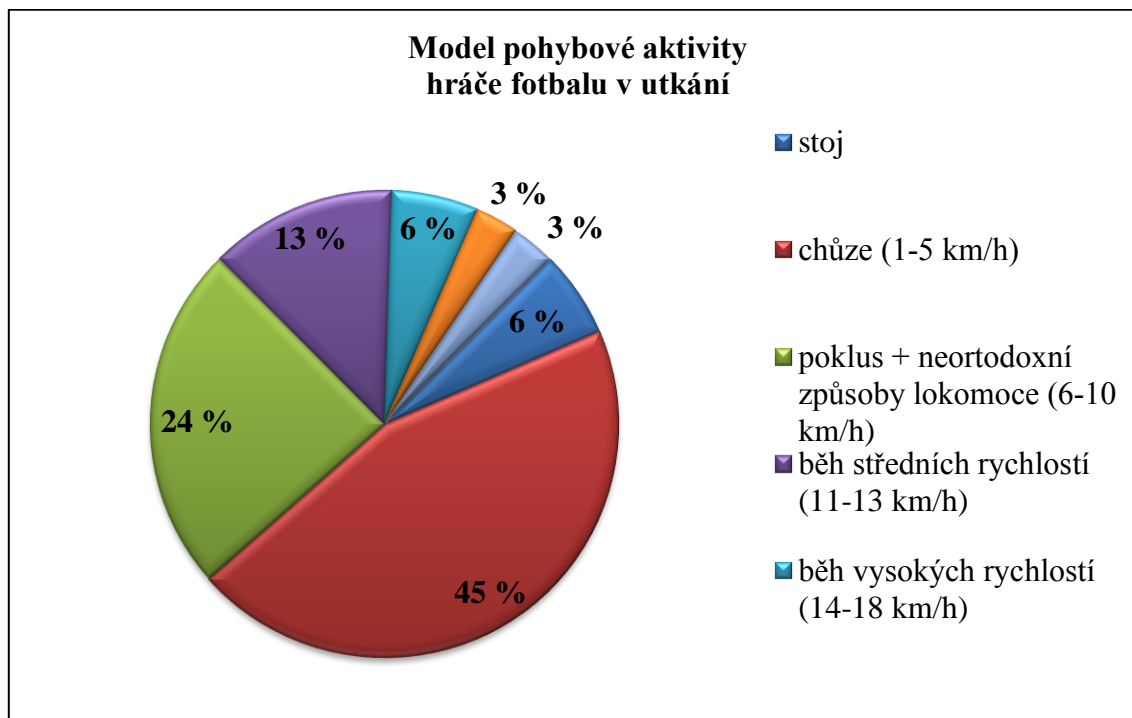
V současné době se při zkoumání sportovního výkonu uplatňuje systémový přístup, který jej umožňuje interpretovat jako vymezený systém faktorů s určitou strukturou. Tyto faktory můžeme rozlišit na somatické (konstituční), kondiční, technické, taktické a psychické (Dovalil et al., 2009).

#### **2.1.1 Herní výkon ve fotbale**

Ve fotbale je výkon hráče i týmu dán určitým souborem faktorů, které jej podmiňují. Tyto faktory můžeme rozdělit na dispoziční a situační. Dispoziční faktory jsou podmíněny předpoklady každého hráče k hernímu výkonu, kterými rozumíme úroveň jeho pohybových schopností a herních dovedností, kvalitu řídící činnosti CNS,

psychických procesů a osobnostní i somatické charakteristiky. Situační faktory jsou dány vnějšími podmínkami, ve kterých probíhá herní výkon, jejich složitostí a proměnlivostí (Buzek et al., 2007; Votík, 2001).

Ve fotbale rozlišujeme dva základní druhy herního výkonu. Individuální herní výkon (IHV), čili herní výkon hráče a týmový herní výkon (THV), čili herní výkon týmu. Individuální herní výkon tvoří základ týmového výkonu v utkání a zkvalitnění IHV v tréninkovém procesu se projeví změnou kvality THV. IHV má vždy formu herních činností jednotlivce (HČJ), které ve fotbale dělíme na útočné a obranné. K útočným HČJ patří činnosti jako hra bez míče (výběr místa), přihrávání, zpracování míče, vedení míče, obcházení soupeře a střelba. K obranným HČJ řadíme obsazování hráče s míčem i bez míče, obsazování prostoru a odebrání míče. Specifickým je post brankáře, jehož herní činnosti se od hráčů v poli liší vzhledem k možnosti hrát ve vlastním pokutovém území rukama. Brankář navíc disponuje útočnými činnostmi jako je vykopávání z ruky a vyhazování. Jako obranných činností pak využívá navíc chytání a vyrážení míče (Votík, 2001).



**Obrázek 1.** Procentuální zastoupení jednotlivých typů pohybové činnosti u adolescentních fotbalistů během utkání (Psotta, 2003, upraveno)

Herní výkon jednotlivce v utkání je tvořen řadou pohybových činností, jako je např. stoj, chůze, běh různých rychlostí a způsobů, činnosti s míčem, ale i vysoce intenzivní činnosti jako jsou běžecké sprinty, výskoky a souboje o míč (Obrázek 1). Intenzita nebo typ činnosti se mění průměrně každou pátou až šestou sekundu. Dominantní pohybovou činností je však běh různých rychlostí a chůze. Činnost s míčem je prováděna pouze po souhrnnou dobu 1-3 min (Psotta, 2003; Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006).

### **2.1.2 Kondiční faktory herního výkonu**

Kondiční faktory jsou, společně se somatickými, rozhodujícími faktory pro sportovní výkon (Hohmann, Lames, & Letzelter, 2010). Lehnert (2007, 121) upozorňuje na nejednotnost v chápání pojmu kondice ve sportu a definuje ji jako „...energetický, funkční a pohybový potenciál sportovce determinovaný kondičními motorickými schopnostmi, který je nezbytný pro realizaci techniky a taktiky při podávání sportovního výkonu a pro vyrovnání se s požadavky tréninkového a soutěžního zatěžování“. Dovalil et al. (2009) rozdělují kondici na obecnou a speciální, zatímco Lehnert (2007) navrhuje dělení na kondici specifickou a nespecifickou. Kondiční schopnosti dále Dovalil et al. (2009) dělí podle fyzikálních charakteristik, které v pohybovém projevu převažují (síla svalové kontrakce, rychlost pohybu, trvání pohybu) na pohybové schopnosti silové, rychlostní a vytrvalostní.

Fotbal má intermitentní pohybový charakter, což znamená, že dochází ke střídání pohybového zatížení (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001; Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003; Psotta et al., 2006). Běh vysoké až maximální rychlosti (trvajících 30-90 sekund) se střídá s běhy ve středních rychlostech (trvajících 3-6 s) nebo s intervaly činnosti nižší intenzity – stoj, chůze, poklus, běh v nižších rychlostech (trvajících do 10 s). Intervaly nižší intenzity převažují nad intervaly běhu ve vysokých a maximálních rychlostech a mají zotavný charakter (Psotta et al., 2006). Elitní hráči překonají v průběhu utkání vzdálenost 10-12 km, brankáři 4 km. Ke změně rychlosti nebo směru dochází každých 4-6 s, hráči sprintují každých 90 s v trvání 2-4 s, každý hráč vykoná během utkání 1000-1400 krátkodobých činností každých 4-6 s. Síla a rychlost jsou pro fotbalisty stejně důležité jako vytrvalost. Nárůst síly příslušných svalových skupin může zlepšit zrychlení a rychlost dovedností důležitých pro hráče

fotbalu, jako jsou starty, sprinty a změny směru. Vysoká úroveň maximální síly horních a dolních končetin může taktéž hrát důležitou roli v prevenci zranění. Během utkání provede fotbalista 50 obrátů, zahrnujících udržování silné svalové kontrakce, k dosažení kontroly míče před napadajícím soupeřem (Ekblom, 2003; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

Fotbal nevyžaduje co možná nejvyšší úroveň aerobní výkonnosti. Maximální spotřeba kyslíku ( $VO_2\text{max}$ ) je u hráčů fotbalu podobná jako u jedinců, kteří jsou adaptováni na rychlostně silové, resp. rychlostně vytrvalostní výkony, a nižší než u jedinců adaptovaných na vytrvalostní výkony. Nároky jsou kladeny na rychlostně silový výkon (maximální anaerobní výkon), schopnost zotavení po akutním zatížení a anaerobní kapacitu (Psotta et al., 2006). Fotbal klade vysoké požadavky také na pohyblivost a flexibilitu (Ekblom, 2003). Za hlavní komponenty pohybové výkonnosti hráče fotbalu je považována pohybová rychlost (startovní a akcelerační), explozivní svalová síla a maximální aerobní výkon (Psotta et al., 2006).

### **2.1.3 Síla jako složka kondice**

Sílu je možné definovat různě. V literatuře se uvádí, že je nezbytné rozeznávat sílu jako fyzikální veličinu (síla = hmotnost x zrychlení) a sílu jako motorickou schopnost spojenou s fyziologickými vlastnostmi organismu (Čelikovský et al., 1979; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Lehnert et al. (2010, 18) definují sílu jako „...schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém nebo statickém režimu svalové činnosti“.

Síla jako motorická schopnost je podstatnou součástí sportovního výkonu v každém sportovním odvětví, i když v některých sportech může mít síla pro výkon jen podpůrnou roli (Bompa, 1999; Lehnert et al., 2010; Perič & Dovalil, 2010). Silové schopnosti jsou často „...považovány za rozhodující schopnosti člověka, bez kterých by se ostatní pohybové schopnosti nemohly projevit“ (Votík, 2001, 145).

Důležitou veličinou, která se týká silových schopností, je mechanický výkon. Ten produkuje příslušná svalová soustava v pohybovém aktu (např. dolní končetiny při vertikálním skoku nebo běhu), je určen silou vyvíjenou svalovými kontrakcemi společně s rychlostí těchto kontrakcí. Mechanický výkon se při dodržení standardní

techniky promítne do výšky skoku nebo do rychlosti běhu (Psotta et al., 2006; Stølen et al., 2005).

### **2.1.3.1 Biologické determinanty a faktory svalové síly**

Pohyb těla a jeho částí je umožněn kosterními svaly, které se skládají z tisíců svalových vláken dlouhých několik centimetrů a upínajících se ke kostem pomocí šlach a vazů (Lehnert et al., 2010). 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. Podstatou svalové činnosti je vznik příčných můstků, které vznikají zasouváním filament aktinu podél silnějších filament myozinu do středu sarkomer (Rokyta et al., 2008; Trojan, Druga, Pfeiffer, & Votava, 2005).

Ve fotbale je téměř každý pohyb, jako starty, zastavení, výskoky, manipulace s míčem, střelba na bránu, aj., kombinací koncentrické, statické a excentrické svalové akce. Posturální svaly vykonávají statickou funkci při udržování rovnováhy těla a zpevnění příslušných segmentů těla při běžecké lokomoci a manipulaci s míčem (Psotta et al., 2006).

### **Faktory svalové síly**

Svalová síla je ovlivněna řadou faktorů. Každý faktor se v jednotlivých sportech uplatňuje jinou měrou. Jsou ovlivněny geneticky, věkem, úrovní techniky, psychikou a dobou trénování (Perič & Dovalil, 2010). Dovalil et al. (2009), Lehnert et al. (2010), Psotta et al. (2006), Zatsiorsky a Kraemer (2006) řadí mezi hlavní faktory ovlivňující svalovou sílu:

#### **a) *Množství svalové hmoty***

Výrazně ovlivňuje velikost maximální síly, nejčastěji na základě hodnocení velikosti příčného průřezu svalu. Poměr příčného průřezu rychlých (FG) a pomalých vláken (SO) svalů vykonávajících pohyb je důležitým předpokladem projevení síly vzhledem k požadavkům sportů. Podstatné je, že FG vlákna mají kratší dobu kontrakce a vyprodukují více síly za časovou jednotku.

**b) Nitrosvalová (intramuskulární) koordinace**

Velikost síly je z hlediska nitrosvalové koordinace limitována třemi základními mechanismy, které ovlivňují činnost motorických jednotek:

- nábor (aktivace) motorických jednotek = počet aktivních jednotek,
- frekvence dráždění motorických jednotek,
- synchronizace aktivovaných motorických jednotek.

**c) Mezisvalová (intermuskulární) koordinace**

Projevuje se:

- součinností zapojených svalů rozhodujících pro vykonání pohybu umožňující dosažení silového maxima ve stejném čase,
- souhrou agonistů s antagonisty, kdy při kontrakci agonistů dochází k současnému reflexnímu snížení tonu antagonistických svalů, tzv. reciproční inhibici. Při vysoce specifických (především závodních) cvičeních je koordinovaná činnost agonistů charakterizována optimalizací nástupu svalového stahu v daném časovém intervalu a dosažením silového maxima v potřebném okamžiku pohybového průběhu.

**d) Zásoby energetických zdrojů a jejich mobilizace ve svalu**

Pro produkci síly je důležitá odpovídající zásoba zdrojů energie ve svalu a schopnost rychlé mobilizace z pohotovostních i doplňkových substrátů přímo ve svalu. Jedná se především o ATP, CP a svalový glykogen, v případě silové vytrvalosti při nižší intenzitě a delším trvání rovněž triglyceridy.

**e) Reflexní děje a elasticita svalové a šlachové tkáně**

Tyto děje a vlastnosti tkání se významně uplatňují především v cyklu natažení-zkrácení (stretch-shortening cycle), který je ovlivnitelný tréninkem.

**f) Optimalizace aktivační úrovně centrální nervové soustavy**

K uplatnění svalové síly v rozhodujících fázích pohybu je nezbytné plné soustředění na prováděnou pohybovou činnost. Úroveň aktivace je rovněž ovlivněna motivací sportovce, která může výrazným způsobem ovlivnit sílu i rychlost svalového stahu.

**g) Zvládnutí techniky**

## Typy svalových vláken

Jedním ze základních biologických předpokladů silových schopností je poměr zastoupení typů svalových vláken. Jednotlivé typy vláken odlišuje především aktivita různých enzymatických systémů a kapacita pro rychlost štěpení ATP, který je jediným zdrojem energie pro svalovou práci (Máček et al., 2011; Rokyta et al., 2008).

Brown (2007), Buzek et al. (2007), Ekblom (2003), Fleck a Kraemer (1987), Hamar a Lipková (2001), Janura (2004), Lehnert et al. (2001), Přidalová a Riegerová (2008), Psotta et al. (2006), Wilmore a Costill (2004) rozlišují podle morfologických, histochemických a funkčních vlastností tyto typy svalových vláken:

- **Typ I** (pomalá červená vlákna), SO, slow oxydative – pomalá, oxidativní, vytrvalá, tenká, s menším množstvím myofibril, s velkým množstvím mitochondrií a myoglobinu, obsahují velké množství kapilár. Udržují svalový tonus a uplatňují se ve statických, polohových funkcích, pomalém pohybu, označují se jako vlákna „tonická“, zajišťují protahovanou, vytrvalostní činnost, jsou málo unavitelná.
- **Typ II A** (rychlá červená vlákna), FOG, fast glycolytic oxydative – středně silná, objemnější, rychlá, mají méně mitochondrií než vlákna červená a více než bílá, více myofibril a střední množství kapilár, jsou velmi odolná proti únavě, podílejí se na velmi rychlé kontrakci prováděné velkou silou, označují se jako „fázická“ vlákna.
- **Typ II B** (rychlá bílá vlákna), FG, fast glycolytic – velký objem, málo kapilár, nízký obsah myoglobinu a oxidativních enzymů, rychlá, glykolytická, snadno unavitelná, energetické procesy s charakterem anaerobním. Fungují při maximálních silových výkonech.

Elitní fotbalisté mají podíl vlastních rychlých glykolytických (FG) svalových vláken, které jsou rozhodující specificky pro rychlostně silové výkony, nižší ve srovnání s jedinci trénovanými na rychlostně silové výkony (sprinteři) – 10-32 % vs. 35-50 %. Pro fotbalisty je spíše charakteristický vyšší podíl přechodových oxidativně glykolytických (FOG) vláken. Tyto nálezy naznačují, že morfologicko-funkční vlastnosti svalové tkáně u fotbalistů odpovídají adaptacím na rychlostně vytrvalostní výkony (Psotta et al., 2006, 20).



### 2.1.3.2 Druhy síly

Podle velikost překonaného odporu, rychlosti svalové akce, trvání pohybů, počtu jejich opakování a způsobu uvolňování energie při svalové činnosti lze rozlišit jednotlivé druhy síly. Stupeň vzájemné závislosti jednotlivých druhů sil je různý, musí však tvořit optimální spojení podle požadavků závodní disciplín (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010). Dovalil et al. (2009), Hohmann et al. (2010), Lehnert et al. (2010) a Perič a Dovalil (2010) uvádějí následující členění druhů síly:

- **Maximální síla**  
je největší síla, kterou může sval nebo svalová skupina vyvinout s maximálním odporem během jednoho opakování při maximální volní koncentrické, excentrické nebo statické svalové kontrakci (Stølen et al., 2005).
- **Rychlá síla**  
je schopnost spojená s dosažením co největšího silového impulsu v časovém intervalu, ve kterém musí být pohyb realizován, nebo s dosažením co nejvyšší hodnoty síly v co nejkratším čase.
- **Reaktivní síla**  
je schopnost spojená s vytvořením co největšího silového impulsu v cyklu protažení a bezprostředně následného zkrácení svalu.
- **Silová vytrvalost**  
je schopnost opakovaně překonávat nebo brzdit nemaximální odpor, nebo jej dlouhodobě udržovat, bez snížení efektivity pohybové činnosti.

### 2.1.3.3 Vliv síly na herní výkon ve fotbale

Svalová síla je jednou z nejdůležitějších komponent výkonnosti ve sportu, a to jak z hlediska maximální výkonnosti, tak z hlediska výskytu zranění (Cheung, Smith, & Wong, 2012; Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009). Malliou, Ispirlidis, Beneka, Taxildaris a Godolias (2003) řadí fotbal mezi sporty, ve kterých hraje síla důležitou, avšak ne rozhodující roli. Svalová síla dolních končetin je důležitá ve specifických fotbalových pohybech, jako jsou sprinty, výskoky, osobní souboje, změny směru a kopy do míče (Christou et al., 2006; Malliou et al., 2003; Eniseler, Sahan, Vurgun, & Mavi, 2012). Na hráče fotbalu jsou kladené vysoké nároky na dynamickou sílu extenzorů

kolena (m. quadriceps femoris, který se skládá z m. rectus femoris, m. vastus lateralis, intermedius et medialis), flexorů kolena (tzv. hamstringy, které tvoří m. biceps femoris, m. semitendinosus et m. semimembranosus) a trojhlavého svalu lýtkového (Bompa, 1999; Perrin, 1993; Psotta et al., 2006). Důležitou determinantou pro provedení kopu je svalová síla flexorů v kyčelním kloubu a extenzorů v kolenním kloubu (Cerrah et al., 2011; Psotta et al., 2006). Flexory kolenního kloubu kontrolují běžeckou lokomoci a stabilizují kolenní kloub při změně směru (Cometti et al., 2001; Lehance et al., 2009).

Kop do míče je jednou z nejdůležitějších dovedností fotbalistů, které se využívá pro přihrávání a skórování. Svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu je důležitým faktorem výkonnosti při kopu do míče, přičemž v průběhu kopu pracují hamstringy excentricky a kvadriceps koncentricky (Kellis S., Gerodimos, Kellis E., & Manou, 2001). Vztah mezi rychlostí míče a izokinetickou silou extenzorů kolenního kloubu dominantní dolní končetiny může být závislý na technické vybavenosti hráčů, takže svalová síla může mít menší vliv na rychlost míče u technicky lépe vybavených fotbalistů (Asami & Nolte, 1983). Cerrah et al. (2011) zkoumali vztah mezi svalovou silou a výkonností v kopu (prostřednictvím rychlosti). U amatérů byl tento vztah signifikantní, ale u profesionálů ne, takže vyšší výkonnost profesionálů v kopu do míče je způsobena spíše lepší technikou než větší svalovou silou.

Existuje významná korelace maximální síly dolních končetin a explozivní síly a maximální síly a běžecké rychlosti (Hoff, 2005; Newman, Tarpinning, & Marino, 2004; Stølen et al., 2005; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004). Cotte a Chatard (2011) našli signifikantní vztah mezi PT a časy sprintu u profesionálních fotbalistů Premier league, především ve vysokých rychlostech u extenzorů kolenního kloubu. Hráči mezinárodní úrovně nedosáhli vyšších hodnot PT než hráči národní úrovně, což poukazuje na důležitost technických a taktických schopností hráčů.

Na hráče fotbalu jsou kladeny vysoké požadavky na schopnost vyvinout sílu při vysokých rychlostech. Výška výskoku a běžecká rychlost závisí více na explozivní síle než na maximální síle (Psotta et al., 2006). Papaevangelou, Metaxas, Riganas, Mandroukas a Vamvakoudis (2012) upozorňují, že důležitým aspektem vysoké výkonnosti hráče fotbalu je schopnost vyvinout svalovou sílu ve zlomku sekundy. Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson a Dyhre-Poulsen (2002) uvádí jako typický čas explozivních pohybů 50-250 ms, což neumožňuje dosažení maximální síly. Navíc

pouze krátký časový úsek (méně než 50 ms) je k dispozici pro stabilizaci kolene během rychlých herních situací. Nováková a Psotta (2002, 25) upozorňují, že „...explozivní schopnosti dolních končetin mají těsnější vztah k hernímu výkonu než jiné komponenty tělesné výkonnosti“. Explozivní síla se výrazně uplatňuje při běžeckém startu. Nejvyšší nároky na produkci svalové síly a mechanického výkonu dolních končetin se objevují v prvních dvou sekundách sprintu – prvních tři až pět kroků, tedy ve fázi počáteční akcelerace. Při zvyšování rychlosti běhu se tyto nároky snižují, neboť se využívá získané hybnosti těla (Psotta et al., 2006). Většina běžeckých činností je spojená se zahájením změny směru nebo prudkým zastavením, kdy se projevují brzdivé silové impulsy rychlé síly (Weineck, 1996). V průběhu decelerace je důležitá brzdivá síla, aby hráč při změně směru ztratil co nejmenší rychlost a byl následně schopen ihned zrychlit do jiného směru (Bompa, 1999).

Silová vytrvalost podmiňuje celkovou produkci svalové síly za utkání (Psotta et al., 2006). Hráč musí být schopen zopakovat herní činnost i několikrát během utkání, jako je např. odehrání hlavou ve výskoku (Bompa, 1999).

Na základě výše uvedených informací lze konstatovat, že nároky fotbalových činností na svalovou sílu jsou vysoké. Pro hráče fotbalu má značný význam nejen rozvoj silových schopností a udržování jejich potřebné úrovně z hlediska herního výkonu, ale i z hlediska prevence zranění. Trénink síly u fotbalistů má proto, dle mého názoru, své nezastupitelné místo a je třeba mu věnovat zvýšenou pozornost a dostatek prostoru v rámci tréninkového procesu.

## **2.2 SPORTOVNÍ TRÉNINK VE FOTBALE**

„Sportovní trénink lze charakterizovat jako dlouhodobý systémově řízený proces přípravy sportovce prioritně zaměřený na zvyšování sportovní výkonnosti ve zvolené sportovní disciplíně“ (Lehnert et al., 2001, 5). Pravidla daného sportu určují pohybový úkol, který vymezuje zaměření žádoucí adaptace. V důsledku tréninku jednotlivých faktorů sportovního tréninku dochází tedy k dílčím adaptačním změnám v organismu, které se postupně propojují a zpevňují. S úrovní trénovanosti vzrůstá i míra shody mezi

požadavky výkonu a jejich odrazem v organismu i osobnosti sportovce (Dovalil et al., 2009).

Klíčovými problémy optimalizace sportovního tréninku jsou hledání optimálního časování zatížení a zotavení, optimální intenzity zatížení a trvání tréninkové jednotky, optimálního poměru mezi použitým objemem tréninku a kvalitou a trvání regenerace (Stejskal, 2002). Sportovní trénink zahrnuje technickou, taktickou, kondiční a psychologickou přípravu (Dovalil et al., 2009; Perič & Dovalil, 2010). Vzhledem k tématu diplomové práce se budeme nadále věnovat kondičnímu tréninku, konkrétně tréninku síly.

### **2.2.1 Trénink síly**

Gamble (2010) a Lehnert et al. (2010) považují trénink síly za jednu ze základních součástí kondičního tréninku. Podle Lehnert et al. (2010) trénink síly nepatří mezi jednoduché úkoly pro sportovního pedagoga. Odborně vedené posilování působí pozitivně na organismus sportovce, vytváří předpoklady pro zvyšování sportovní výkonnosti. Na druhé straně chybné vedení tréninku síly může mít za následek stagnaci sportovní výkonnosti a vážné zdravotní problémy vedoucí k přerušení či ukončení sportovní kariéry. Cílem tréninku, jenž je zaměřen na ovlivňování silových schopností, je především vytvořit optimální silový potenciál pro podání sportovního výkonu. Za základní úkoly tréninku síly lze považovat:

#### **1. Rozvoj síly.**

##### **a) Obecný rozvoj síly.**

Zařazuje se především u dětí a mládeže. Trénink je zaměřen na ovlivňování všech druhů síly a širokého spektra svalových skupin. Využívá se široké škály tréninkových cvičení. Je třeba rozlišovat vlastnosti a význam skupin svalů s převážně posturální funkcí (mají tendenci ke zkrácení) a svalů s převážně fázickou funkcí (mají tendenci ochabovat).

##### **b) Speciální rozvoj síly.**

Je prioritou tréninku především u dorostu a dospělých. Rozvoj funkční síly, tj. síly využitelné ve specifických pohybech, vychází z analýzy sportovního výkonu v daném sportu. Funkční silou rozumíme schopnost všech svalů produkovat

dostatečnou sílu, která umožní provádět efektivně a bez zranění sportovní dovednosti a produkovat sílu pro koordinaci svalové činnosti.

## **2. Zvyšování zatížitelnosti a prevence zranění.**

Kvalitní provedení obecného i speciálního rozvoje síly se projeví v řadě adaptací, mezi které patří svalová síla, pevnost a pružnost kostí, svalů, pojivové tkáně a zvýšení energetického potenciálu, umožňující postupné zvyšování tréninkového zatížení a zatěžování s cílem dosáhnout vysoké úrovně trénovanosti sportovce a současně minimalizovat nebezpečí poškození jeho organismu. Pro plnění tohoto úkolu je důležité zařazení kompenzačních posilovacích cvičení, která se zaměřují na posilování oslabených svalů, vyrovnávající jednostranný vliv specifického tréninkového zatížení.

## **3. Udržení získaných adaptací v souladu s úkoly jednotlivých období ročního tréninkového cyklu.**

Bompa (1999), Lehnert et al. (2010) a Perič a Dovalil (2010) řadí mezi základní metodotvorné činitele tréninku svalové síly velikost odporu, počet opakování nebo dobu cvičení, interval odpočinku (zotavení), druh a rychlost svalové kontrakce.

### **2.2.1.1 Metody a efekty tréninku síly ve fotbale**

Ve sportovní praxi se pro zvyšování sportovní výkonnosti na základě funkčního rozvoje síly využívá množství tréninkových metod, jejich variant a kombinací. Jednotlivé metody vyvolávají specifické nervosvalové adaptace a ovlivňují vždy jen část silového spektra. Metody silového tréninku se liší především v hodnotách metodotvorných činitelů – velikostí odporu, počtem opakování cvičení, dobou trvání intervalu odpočinku a druhem a rychlostí svalové činnosti (Lehnert et al., 2010).

K tréninku svalové síly u fotbalistů je nejčastěji využíváno metody opakovaných úsilí, rychlostně silové metody, metody kruhového tréninku, plyometrické metody a core trainingu (Psotta et al., 2006; Schmid & Alejo, 2002; Votík, 2001; Weineck, 1996).

K rozvoji svalové síly dochází prostřednictvím dvou základních adaptačních mechanismů: svalové hypertrofie a neurálních adaptací (Hoff, Gran, & Helgerud, 2002; Hoff & Helgerud, 2004; Stølen et al., 2005):

1. **Svalová hypertrofie** je efekt silového tréninku, který je spojený s nárůstem obsahu myofibril ve svalových vláknech. Svalová hypertrofie se týká všech typů svalových vláken, ale řada studií ukazuje, že největší hypertrofie dosahují rychlá svalová vlákna. V některých sportech, včetně fotbalu, není žádoucí přílišný nárůst tělesné hmotnosti díky hypertrofii. Trénink pro hypertrofii: 8-12 opakování, 3-5 sérií, 60-90 % 1 OM.
2. Termín **neurální adaptace** označuje skupinu faktorů, mezi které patří selektivní aktivace motorických jednotek, synchronizace, selektivní aktivace svalů, zvýšená frekvence dráždění, zvýšený nábor motorických jednotek, zvýšená současná kontrakce antagonistů. Při maximální volní kontrakci jsou jako první aktivována pomalá oxidativní vlákna a rychlá glykolytická vlákna jako poslední. Zvýšená frekvence nervových impulsů přispívá ke zvýšení potenciálu pro vyvíjení síly. Zvýšená aktivace svalů může být výsledkem nižšího prahu náboru a zvýšení frekvence nervových impulsů. Tyto změny jsou možným vysvětlením nárůstu síly. Maximální síla a rychlost produkce síly jsou důležité faktory pro vysokou výkonnost fotbalistů. Trénink pro neurální adaptace s minimální hypertrofií by měl mít tyto parametry: 3-7 opakování, 85-100 % 1 OM, 3-5 sérií. Pro dosažení neurálních adaptací a zvýšení explozivní síly je nutné aktivovat všechny typy svalových vláken.

Hoff (2005) uvádí dva hlavní principy k dosažení maximálních neurálních adaptací:

1. Trénink rychlých motorických jednotek, které vyvíjí největší sílu, prostřednictvím vysokých odporů (85-95 % 1 OM), kdy dochází k maximální volní kontrakci.
2. Maximálního účinku bude dosaženo, jestliže jsou dané pohyby vykonávány rychle proti vysokému odporu.

Trénink s vysokými odpory, zdůrazňující maximální mobilizaci síly při koncentrické kontrakci, je velmi efektivní při zlepšování pohybů prováděných vysokou rychlostí s nízkým odporem. Bylo ukázáno, že tento typ tréninku má velký efekt na výkonnost ve sprintu a vertikálním skoku, které jsou důležité pro hráče fotbalu, beze změn v tělesné hmotnosti. Stejný trénink také zlepšuje aerobní vytrvalost prostřednictvím zlepšené ekonomiky běhu (Hoff, 2005).

Neuromuskulární adaptace na trénink svalové síly jsou výrazně specifické. Adaptují se svaly, které se zapojují ve cvičení. Směr jejich funkční adaptace závisí na vzorci zapojení svalů (intermuskulární koordinaci) a vzorci náboru motorických jednotek uvnitř svalů (intramuskulární koordinaci). Dále závisí na velikosti, rychlosti a časovém průběhu svalových kontrakcí. Při plánovaném tréninku svalové síly fotbalistů je proto vždy nutné zvážit, do jaké míry dané cvičení svou pohybovou strukturou a dynamikou odpovídá svalové práci v činnostech, které jsou součástí herního výkonu. Nerespektování principu specifčnosti může vyústit do posilování, které se neprojeví ve zvýšení funkční způsobilosti nervosvalového systému pro mechanický výkon ve specifických činnostech (Psotta et al., 2006).

Askling, Karlsson a Thorstensson (2003) zkoumali vliv speciálního tréninku hamstringů, zahrnujícího excentrické přetížení, na výskyt zranění hamstringů během 10 měsíců fotbalové sezóny. Trénink byl aplikovaný na 15 hráčích 1-2 krát týdně po dobu 10 týdnů přípravného období. Byl zjištěn výrazně nižší výskyt (3/15 vs. 10/15) zranění hamstringů u skupiny, která podstoupila speciální trénink hamstringů. Trénink oslabených hamstringů a kvadricepsu ke zlepšení síly a dosažení silové vyváženosti mezi nimi se jeví jako důležitý úkol fotbalových trenérů (Greig & Siegler, 2009; Eniseler et al., 2012). Roig et al. (2009) uvádí, že čistě excentrický silový trénink vyvolává odlišné neuromuskulární adaptace než trénink čistě koncentrický. Všeobecně, větší nárůst svalové hmoty a síly pozorovaný po excentrickém tréninku ve srovnání s koncentrickým tréninkem je přisuzován především většímu napětí produkovanému svaly a nižší unavitelnosti motorických jednotek při excentrické akci. Tyto dva faktory dovolují lepší pracovní zatížení svalů během excentrické tréninkové jednotky, což může vysvětlit větší neuromuskulární adaptace objevené po excentrickém tréninku (Baroni, Stocchero, Santo, Ritzel, & Vaz, 2011; Guilhem, Cornu, & Guevel, 2010; Tourny-Chollet, Leroy, Léger, & Beuret-Blanquart, 2000).

### **2.2.2 Periodizace sportovního tréninku**

Pod pojmem periodizace sportovního tréninku rozumíme jeho rozdělení na kratší časové úseky (periody, cykly), které mají charakteristickou strukturu. Pro dosažení vysoké výkonnosti sportovce, která nemůže být z biologického hlediska stabilním jevem, se tyto časové úseky rozčleňují na krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá

období. Důležitým faktorem je periodické přizpůsobování struktury a obsahu tréninku sportovnímu vývoji jedince, čemuž odpovídá i časová a obsahová náročnost jednotlivých tréninkových plánů (Frank, 2006). Plánování a evidence vykonané tréninkové práce umožňuje po jejím vyhodnocení získat zpětně informace o efektivitě tréninkového procesu (Votík, 2001).

Dovalil et al. (2009) a Votík (2001) rozlišují tréninkové cykly dlouhodobé (makrocykly), střednědobé (mezocykly), krátkodobé (mikrocykly) a plán na tréninkovou jednotku.

Z hlediska periodizace sportovního tréninku je základním stavebním prvkem tréninková jednotka, která svým obsahem respektuje průběh zotavných procesů a má konkrétní úkol vyplývající ze zaměření na specifiku soutěžní disciplíny. Struktura zatěžování je tvořena stavbou mikrocyklů, uspořádaných do specifických bloků s různým zaměřením. Tyto tréninkové bloky se kombinují podle aktuální výkonnosti sportovce a soutěžního programu. Rozlišujeme tréninkový blok rozvíjející, stabilizační, relaxační, vyloďovací, soutěžní, regenerační a kontrolní (Lehnert et al., 2010).

### 2.2.2.1 Roční tréninkový cyklus ve fotbale

Vzhledem ke klimatickým podmínkám a systému uspořádání fotbalových soutěží v České republice v cyklu podzim – jaro, je RTC členěn na tato období (Tabulka 1):

**Tabulka 1.** Členění ročního tréninkového cyklu (Votík, 2001, 199)

<b>Letní přípravné období</b>	<b>Podzimní hlavní období</b>	<b>Zimní přechodné období</b>	<b>Zimní přípravné období</b>	<b>Jarní hlavní období</b>	<b>Letní přechodné období</b>
červenec – srpen	srpen – listopad	prosinec – leden	leden – březen	březen – červen	červen – červenec
4-8 týdnů	13-15 týdnů	4-6 týdnů	10-12 týdnů	13-15 týdnů	2-4 týdny



## **Letní přípravné období**

Jedná se o část ročního tréninkového cyklu, jenž má zajistit předpoklady pro další růst výkonnosti. Podcenění tréninku v tomto období či jeho podstatné zkrácení má za následek stagnaci výkonnosti. Zahrnuje komplexní rozvoj pohybových schopností, technicko-taktických dovedností i vědomostí a rozvoj psychologické přípravy. Všechny zásady přípravy uvedené v zimním přípravném období platí i v letním období, jen probíhají v kratším časovém úseku.

## **Podzimní hlavní (soutěžní) období**

Časově je ohraničeno prvním a posledním mistrovským utkáním podzimního kola soutěže. Základem je udržet optimální sportovní formu celého týmu pokud možno v celé délce tohoto období. Hlavním úkolem je udržet vysoký funkční stav organismu hráčů a v přípravném období získanou trénovanost a výkonnostní úroveň týmu.

## **Zimní přechodné období**

Hlavním cílem je regenerace organismu hráčů, jak tělesná tak psychická. Dochází ke snížení objemu i intenzity tréninku. Jedná se v podstatě o formu aktivního odpočinku, který by měl udržovat dobrý stav trénovanosti. Po přechodném období začíná tréninková přestávka, která trvá do zahájení zimního přípravného období. Tato přestávka by měla být hráči pojata jako individuálně aktivní odpočinek.

## **Zimní přípravné období**

Zimní přípravné období představuje z hlediska zatěžování velký objem a klade individuálně hraniční nároky na všechny funkční systémy sportovce. Dochází až k extrémnímu zatížení organismu hráče a k opakovanému vyčerpávání energetických zdrojů, z čehož pramení mimořádná fyzická a psychická únava. Proto je třeba v průběhu tohoto období využívat odpovídajících prostředků regenerace (sauna, masáže, vodní procedury atd.) a nepodceňovat pitný a stravovací režim hráčů. Optimální struktura jednotlivých bloků (mezocyklů):

**a) Předpřípravný blok – cca 3 dny až 1-2 týdny**

Postupná příprava organismu na zatížení v přípravném období s cílem usnadnit adaptaci.

**b) První přípravný blok (kondiční) – všeobecně rozvíjející mezocyklus (2-4 týdny)**

Důraz je kladen na rozvoj kondičních schopností, především vytrvalostních a komplexního posilování. Pozornost je věnována i koordinačním schopnostem a nemělo by dojít ani k přerušení technické přípravy. Vysoký objem tréninkového zatížení klade vysoké nároky na psychické schopnosti a odolnost hráčů.

- c) Druhý přípravný blok (smíšený) – mezocyklus specializované přípravy (4-6 týdnů)  
Obsah tréninku se mění ve prospěch herního tréninku. V kondičním tréninku převládá rozvoj rychlostních, koordinačních a explozivně silových schopností. Důraz je kladen na technicko-taktickou a psychologickou přípravu, zdokonalování součinnosti skupin hráčů i celého týmu, nácvik standartních situací. Narůstá počet přípravných utkání. V závěru bloku lze realizovat základní funkční vyšetření či testování, které nás mohou informovat o efektivitě přípravného období.
- d) Třetí přípravný blok – vylad'ovací mikrocyklus – 1 týden  
Představuje posledních 7 až 10 dní přípravného období před prvním mistrovským utkáním jarního soutěžního období. Struktura, organizace i obsah tréninkového mikrocyklu je zcela shodný s týdenními mikrocykly soutěžního období. V závěru mikrocyklu je kladen důraz na psychické vyladění a tonizaci.

#### **Jarní hlavní (soutěžní) období**

Časově je ohraničeno prvním a posledním mistrovským utkáním jarního kola soutěže. Cíle a úkoly viz podzimní hlavní období.

#### **Letní přechodné období**

Bezprostředně navazuje na jarní hlavní období, obsahově viz zimní přechodné období (Votík, 2001).

#### **2.2.2.2 Periodizace tréninku síly**

Trénink síly má specifické, na sebe navazující tréninkové fáze (Bompa, 1999; Fleck & Kraemer, 1987; Wilmore & Costill, 2004). První fáze je charakteristická vysokým objemem (počet opakování a sérií) a nízkou intenzitou tréninku. Během dalších tří fází se objem snižuje a zvyšuje se intenzita. Poté následuje fáze aktivního odpočinku.

V každé z prvních 4 fází je zdůrazňován jiný druh svalové síly. Bompa (1999) charakterizuje jednotlivé fáze:

### **1. Fáze anatomických adaptací (Anatomical adaptation phase).**

Hlavním cílem této fáze je příprava svalů, vazů, šlach a kloubů pro následný trénink v dalších fázích. Trénink síly zahrnuje core training zaměřený na celkovou přípravu. Délka fáze závisí na délce přípravného období, ale u mladých sportovců by měla být 8-10 týdnů.

### **2. Fáze maximální síly (Maximum strength phase).**

Hlavním cílem v této fázi je vyvinout co nejvyšší možnou úroveň maximální síly. Každý druh síly je ovlivněn úrovní maximální síly. Délka fáze maximální síly pro hráče fotbalu je 6-9 týdnů, u mladších kategorií méně.

### **3. Fáze přeměny (Conversion phase).**

Hlavním cílem je přeměnit získaná maxima svalové síly na sílu potřebnou pro specifické kombinace síly pro fotbal, např. explozivní sílu (4-5 týdnů) a silovou vytrvalost (6-8 týdnů).

### **4. Fáze udržení (Maintenance phase).**

Hlavním cílem této fáze je zachovat úroveň síly dosažené v předchozích obdobích. Pokud není udržena maximální síla, dojde u hráčů k poklesu fyziologických adaptací, který se odrazí v úrovni explozivní síly i svalové vytrvalosti.

### **5. Přejídná fáze (Transition phase).**

Hlavním cílem je odstranění únavy, psychická regenerace a obnova energetických zdrojů snížením objemu i intenzity. Přejídná fáze by neměla být delší než 4-6 týdnů nebo dojde k poklesu fyziologických adaptací.

#### **2.2.2.3 Vliv redukováného tréninku síly na svalové funkce**

Pravidelný kondiční a tedy i silový trénink může být narušen v hlavním a přejídném období (Bompa, 1999). Dochází ke snížení frekvence, objemu nebo intenzity tréninkových cvičení, což vede k poklesu fyziologických adaptací. Důvodem narušení tréninkového plánu může být i zranění, nemoc nebo cestování za soutěží (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b, 2001). Tento fenomén bývá označován jako tzv.

detraining (Bompa, 1999; Fleck & Kraemer, 1987; Mujika & Padilla, 2000a, 2000b, 2001; Ratamess, 2008). Jako detraining je označována částečná nebo úplná ztráta tréninkem vyvolaných anatomických, fyziologických a výkonnostních adaptačních změn, která je následkem redukce tréninkových stimulů nebo úplného přerušení tréninku. Detraining můžeme rozdělit z hlediska jeho trvání na krátkodobý a dlouhodobý. Krátkodobý je vymezen délkou čtyř týdnů, neboť obvykle stejnou dobu trvá i přechodné období. Dlouhodobý detraining je pak vymezen více jak čtyřmi týdny nedostačujícího tréninkového stimulu. Detraining ovlivňuje kardiorepirační, metabolický, svalový a hormonální systém (Mujika & Padilla, 2000a, 2000b). V oblasti síly se následky detrainingu nejprve projevují v neurálních adaptacích a později i ve svalové atrofii (Rattamess, 2008; Mujika & Padilla, 2000a). Svalová atrofie je doprovázena ztrátou maximální síly, explozivní síly i svalové vytrvalosti (Wilmore & Costill, 2004). Pomalá svalová vlákna ztrácí schopnost produkovat sílu dříve než rychlá svalová vlákna. Svalová atrofie se objevuje u obou typů, ale u rychlých svalových vláken je změna pomalejší. Během prvního týdne lze ztratit 3-4 % svalové síly za den. Nejprve je ovlivněna rychlost (Bompa, 1999).

Svalové adaptace jsou déle udržitelné pomocí redukováného tréninku nebo jinými alternativními formami tréninku jako je například tzv. cross-training. Redukovaný trénink je charakterizován snížením objemu o 60-90 % a zachovanou intenzitou tréninkových cvičení. Snížení počtu tréninkových jednotek by mělo být pozvolnější (u vrcholových sportovců ne více jak o 20-30 %, u méně trénovaných jedinců o 50 %). Cross-training je alternativní forma tréninku, která spočívá v zařazení jiných nesespecifických aktivit. Trénink je využíván při běžném tréninku, především pak v průběhu zotavných procesů ze sportovních zranění a během přestávky mezi dvěma tréninkovými obdobími. Vrcholoví sportovci by se měli zaměřit na specifická cvičení, zatímco méně trénovaným jedincům mohou postačovat i nesespecifická cvičení (Fleck & Kraemer, 1987; Mujika & Padilla, 2000b).

## **2.3 ZRANĚNÍ VE FOTBALE**

Zranění limituje sportovce v další tréninkové činnosti a v podávání sportovních výkonů. Riziko zranění se vyskytuje ve všech sportech, ve všech věkových kategoriích a na všech výkonnostních úrovních. Zranění jsou různého typu, závažnosti a jejich příčiny mohou být různé. Epidemiologické studie ukazují, že výskyt zranění u fotbalistů se vzhledem k věku, tréninkové úrovni a pohlaví pohybuje mezi 1,5-15,4/1000 h tréninku a 7,4-47,5/1000 h utkání. Ve srovnání s házenou, volejbalem a basketbalem vykazuje fotbal větší počet zranění. Většina těchto zranění (68-88 %) postihuje dolní končetiny, přičemž 25-38 % jsou bezkontaktní zranění stehenních svalů (Frisch et al., 2011; Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, & Gibson 2001; Yde & Nielsen, 1990; Woods et al., 2004).

### **2.3.1 Rizikové faktory zranění**

Obecně jsou rozlišovány rizikové faktory vnitřní (spojené se sportovcem) a vnější (vázané na prostředí). Vnitřní faktory jsou vázány na biologické nebo psychosociální osobnostní charakteristiky, jako jsou kloubní flexibilita, funkční nestability, předchozí zranění a neadekvátní rehabilitace. Vnější faktory zahrnují tréninkové zatížení, utkání, klimatické faktory, povrch hřiště, vybavení, pravidla hry a fauly (Bahr et al., 2008; Ekstrand, 2003).

### **2.3.2 Zranění kolenního kloubu a hamstringů**

Mezi nejčastější zranění dolních končetin patří zranění kolenního kloubu a hamstringů (Bahr et al., 2008; Ekstrand, 2003). Frekventovaným zraněním ve sportu je zranění předního zkříženého vazy (LCA) a také vnitřního postranního vazy (Waldén, Hagglund, Werner, & Ekstrand, 2011). Tato zranění představují v mnoha sportech 15-50 % všech zranění. Zranění LCA je spojeno s nejdelším vynuceným přerušáním tréninkové a soutěžní činnosti (Thacker et al., 2003). Renstrom et al. (2008) uvádí výskyt zranění LCA u fotbalistů na 1,3 % všech zranění. Přibližně 70 % zranění LCA je bezkontaktního původu (Silvers & Mandelbaum, 2007).

### **2.3.2.1 Zranění LCA**

LCA je hlavní stabilizační vaz kolenního kloubu, brání nadměrnému anteriornímu posunu tibie vůči femuru (Silvers & Mandelbaum, 2007). Největší výskyt zranění LCA je pozorován u adolescentů, hrajících například fotbal, basketbal nebo házenou. V těchto týmových sportech jsou kladeny vysoké nároky na dynamickou stabilitu dolních končetin při výskocích a dopadech, změnách směru (Lohmander, Englund, Dahl, & Roos, 2007).

Silvers a Mandelbaum (2007) dělí rizikové faktory poranění LCA na anatomické, hormonální, environmentální a neuromuskulární. Mezi vnější rizikové faktory zranění LCA u fotbalistů řadíme suchý hrací povrch a umělou trávu. Běžně uváděné vnitřní rizikové faktory jsou dysbalance mezi silou hamstringů a kvadricepsu, svalová únava, snížená síla svalů jádra těla a snížená propiocepce (Alentorn-Geli et al., 2009).

Mechanismus bezkontaktního poranění LCA u fotbalistů obvykle zahrnuje pohyby jako došlápnutí na chodidlo při kolenní flexi v plné extenzi, dopad po výskoku, deceleraci, rychlou změnu směru (Cochrane, Lloyd, Buttfield, Seward, & McGivern, 2007; Hughes & Watkins, 2006; Silvers & Mandelbaum, 2007). Funkce LCA při kontrole anteriorní translace tibie je ovlivněna silou hamstringů. Ty při kolenní flexi pomáhají vyrovnávat kontrakci kvadricepsu a zajišťují kompresi kloubu. Dostatečná současná kontrakce hamstringů snižuje stres na LCA, což je klíčové především v úhlu 0-30° kolenní flexe (Coombs & Garbutt, 2002; Myer et al., 2009).

### **2.3.2.2 Zranění hamstringů**

Zranění hamstringů je běžné ve velkém množství sportů včetně fotbalu. Hamstringy jsou svalová skupina na zadní straně stehna, která zahrnuje m. semimembranosus, m. semitendinosus a m. biceps femoris. Funkčně vykonávají hamstringy flexi v kolenním kloubu a extenzi v kyčelním kloubu (Čihák, 2001). V současné době je riziko zranění hamstringů u profesionálních fotbalistů velmi vysoké vzhledem k vysoké intenzitě a kvantitě tréninků a utkání (Dauty, Potiron-Josse, & Rochcongard, 2003). Fotbal klade vysoké nároky na rychlost a sílu dolních končetin. Studie poukazují na fakt, že především nízká excentrická síla hamstringů a svalové dysbalance hrají hlavní roli v akutních zraněních této svalové skupiny (Fousekis,

Tsepis, Poulmedis, Athanasopoulos, & Vagenas, 2011). Nejvyšší moment síly hamstringů se uplatňuje před odlepením paty a zvednutím nohy od podložky, v této fázi pracují hamstringy excentricky (Askling et al., 2003; Bahr et al., 2008).

### **2.3.3 Prevence zranění LCA a hamstringů**

Vzhledem k nárokům sportovní činnosti je snahou výskyt zranění minimalizovat účinnými preventivními intervencemi, resp. je efektivně léčit uplatňováním efektivních rehabilitačních technik/metod respektujících specifika zranění a sportovců. Tyto požadavky jsou maximalizované zejména ve vrcholovém sportu. Klíčové je především identifikovat jedince se zvýšeným rizikem zranění a těmto jedincům věnovat zvýšenou pozornost ve smyslu preventivního tréninku. Z uvedeného hlediska je jednou z možností diagnostikování podpůrně pohybového aparátu s využitím motorických testů zaměřených na svalovou sílu, resp. svalové dysbalance.

Teoretické poznatky a praktické zkušenosti potvrdily, že pro získávání informací spojených s predikcí zranění a preventivním tréninkem lze využít izokinetické dynamometrie (ID). Pomocí ID je možné rovněž stanovit, zda u sportovce nebo pacienta po zranění přetrvává silový deficit a výsledky měření mohou pomoci při rozhodování o tréninkové, resp. rehabilitační strategii (Brown, 2000; Dvir, 2004).

## **2.4 IZOKINETICKÁ DYNAMOMETRIE**

Pojem izokinetika se vztahuje k typu pohybu a znamená pohyb konstantní rychlostí. Konkrétně se vztahuje ke specifické situaci, ve které sval či svalová skupina působí proti kontrolovanému, přizpůsobujícímu se odporu. Ten způsobuje, že se segment těla pohybuje v rámci předem definovaného pohybu konstantní úhlovou nebo lineární rychlostí (Dvir, 2004).

Izokinetická dynamometrie se týká vytvoření proměnlivého odporu a jeho měření. Používá se téměř výhradně k měření velikosti volní svalové kontrakce. To znamená, že kromě fyziologických a mechanických faktorů hrají roli také faktory psychologické, neboť základními komponentami testování jsou i motivace a spolupráce. Izokinetickou

dynamometrii lze rovněž použít k měření svalového výkonu. Izokinetická dynamometrie je považována za objektivní a spolehlivý diagnostický nástroj měření síly. Její předností je především vysoká reliabilita, standardizace, možnost identifikovat velikost síly v každém bodě pohybu a určit tak polohy, ve kterých je dosahováno nejlepších a nejhorších hodnot maximálního momentu síly (Baltzopoulos & Brodie, 1989; Dvir, 2004; Dirnberger, Kösters, & Müller, 2012).

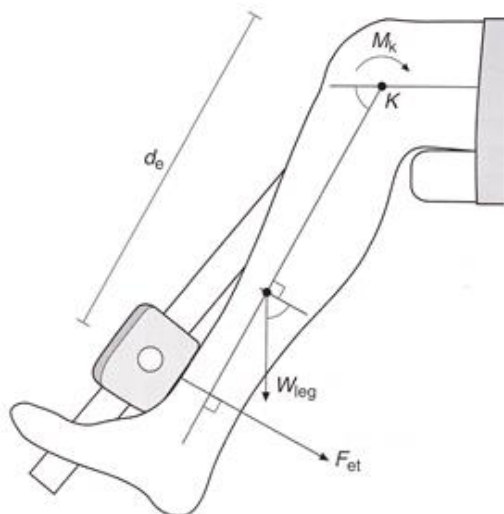
Izokinetická dynamometrie je preferovanou metodou ke kvantifikaci svalové síly. Umožňuje vyhodnocení pohybů v kloubech ve statických i dynamických podmínkách, před a po specifickém tréninku nebo rehabilitaci po zranění. Proto jsou izokinetické dynamometry užitečná a unikátní zařízení, která umožňují posoudit dynamickou funkci svalů a kloubů ve specifických úhlových rychlostech (Baltzopoulos, King, Gleeson, & De Ste Croix, 2012). V praxi se izokinetická dynamometrie využívá pro měření síly končetin a trupu při různých pohybech – flexi a extenzi, zevních a vnitřních rotacích či abdukcích a addukcích, téměř ve všech možných kloubních spojeních. Nejčastěji je testována síla flexorů a extenzorů kolenního a loketního kloubu, dále se často využívá k měření v plantární flexi, extenzi, inverzi a everzi, abdukci a addukci v ramenním a kyčelním kloubu (Brown, 2000; Dvir, 2004; Chan & Mafulli, 1996; Perrin, 1993).

Dvir (2004) uvádí nejčastěji používané veličiny měřené při izokinetickém testování:

- **Moment síly (torque, [N·m])** – je výsledkem produkce svalové síly při určité úhlové rychlosti (Obrázek 2). Lze jej měřit v celém rozsahu pohybu. Hodnota momentu síly může být udána jako maximální (peak torque, PT) nebo průměrná (average torque, AT). Pokud se rychlost pohybu zvyšuje, dochází u koncentrické kontrakce ke snížení PT vyvíjeného svalovou skupinou (Dvir, 2004; Lehance et al., 2009; Malý, Zahálka, & Malá, 2010; Tourny-Chollet et al., 2000). V případě excentrické kontrakce se PT nejdříve zvyšuje, při vyšších rychlostech zůstává stabilní nebo klesá (Brown, 2000; Dvir, 2004). Se stoupající rychlostí se PT snižuje u extenzorů i flexorů (Malý et al., 2010). Podle Kannuse (1994) je PT nejvíce studovaný izokineticky testovaný silový parametr a jeho užití může být doporučeno pro výzkumné a klinické účely. Hoffman (2006) uvádí, že pomocí hodnot PT, naměřených u svalů zapojujících se při pohybech v kolenním kloubu, můžeme posuzovat integritu a stabilitu kolenního kloubu.



- **Úhel maximálního momentu síly (angle of the peak torque, [°])** – odpovídá pozici segmentu, při které je dosahováno nejvyššího momentu síly. Je specifický pro různé typy cvičení.
- **Práce (work, [J])** – je definována jako svalová síla působící po určité dráze. Vyjadřuje tedy množství svalového napětí, které je vyprodukováno během svalové kontrakce, vypočítá se ze známých hodnot síly a rozsahu pohybu. Odráží míru vytrvalosti. Uvádí se v maximálních (peak work) či průměrných (average work) hodnotách.
- **Výkon (power, [W])** – odpovídá množství práce vyprodukované za jednotku času. Měření výkonu je z vědeckého hlediska vykonáváno proto, aby bylo prokázáno zlepšení ve sportovních činnostech, které nejsou omezeny maximální silou. Je udávána v maximálních (peak power) nebo průměrných (average power) hodnotách.
- **Čas potřebný pro dosažení maximálního momentu síly (Tmax, [ms])** – je využíván k posouzení úrovně explozivity na základě intervalu mezi zahájením pohybu a dosažením maximálního momentu síly (Brown, 2000; Dvir, 2004; Chan & Maffuli, 1996).



**Obrázek 2.** Moment síly svalu,  $M_k$ , je roven násobku délky ramene,  $d_e$ , a hodnoty síly naměřené snímačem dynamometru,  $F_{et}$ , a hmotností končetiny,  $W_{leg}$ . Také se provádí gravitační korekce (Dvir, 2004, 4)

### **2.4.1 Izokinetické testování flexorů a extenzorů kolenního kloubu**

Většina studií se věnuje diagnostikování síly svalů dolních končetin, především flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém i excentrickém režimu svalové kontrakce. Velká část těchto studií se zabývá problematikou využívání izokinetické dynamometrie pro účely posouzení připravenosti k soutěžení, prevence zranění a rehabilitace po zranění křížových vazů (Askling et al., 2003; Bamac et al., 2008; Eniseler et al., 2012; Gioftsidou et al., 2008; Greco, Da Silva, Camarda, & Denadai, 2012; Iga, George, Lees, & Reilly, 2006; Kellis et al., 2001; Lehance et al., 2009; Lehnert, Urban, Procházka, & Psotta, 2011; Malliou et al., 2003; Malý et al., 2010; Malý, Zahálka, & Malá, 2011; Papaevangelou et al., 2012; Proske, Morgan, Brockett, & Percival, 2004; Tourny-Cholle, Leroy, Léger, & Beuret-Blanquart, 2000). Studie vycházejí z předpokladu, že činnost hamstringů a kvadricepsu je klíčová pro stabilitu v kolenním kloubu, a že nerovnováha mezi svalovou silou agonisty a antagonisty představuje rizikový faktor vzniku zranění, neboť způsobuje instabilitu v kolenním kloubu. Problémem u sportovců bývá zanedbávání tréninku síly hamstringů a výrazná dominance síly kvadricepsu (Bamac et al., 2008; Colak, 2012; Hughes & Watkins, 2006; Proske et al., 2004).

Lehance et al. (2009) uvádí tři důvody proč provádět diagnostiku silových schopností s využitím izokinetické dynamometrie u sportovců:

- a) ke zjištění svalových dysbalancí mezi končetinami (bilaterální dysbalance),
- b) ke zjištění unilaterálních dysbalancí mezi kolenními flexory a extenzory,
- c) ke zjištění, zda sportovec dosahuje odpovídajících hodnoty síly podle norem vzhledem k věku a sportovní úrovni.

Fotbalové herní činnosti jsou ve značné míře jednostranné, což může způsobovat bilaterální svalové dysbalance dolních končetin, které mohou být jednou z příčin svalových zranění. Unilaterální a bilaterální asymetrie flexorů a extenzorů kolenního kloubu jsou jednou z příčin zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (Bangsbo, 1994; Croisier, 2004; Dauty et al., 2003; Iga et al., 2006; Li, Maffulli, Hsu, & Chan, 1996; Söderman, Alfredson, Pietilä, & Werner, 2001). Bilaterální diference větší než 15 % ve svalové síle kvadricepsů a hamstringů dosažená při izokinetickém testování je důležitým prediktorem zranění hráčů fotbalu (Brown, 2000; Malý et al.,

2010). Předsezónní měření izokinetické síly je vhodné k identifikaci silových predispozic vzhledem k možnému riziku zranění (Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010; Lehance et al., 2009; Malý et al., 2010).

#### **2.4.1.1 H/Q poměry a jejich vztah k riziku zranění kolenního kloubu**

Při unilaterálních srovnáních se pro posuzování a identifikaci sportovců s rizikem zranění a k posouzení připravenosti k soutěžení hodnotí poměr síly hamstringů a kvadricepsu (Ayala, De Ste Croix, Sainz de Baranda, & Santonja, 2012; Camarda & Denadai, 2012; Colak, 2012; Coombs & Garbutt, 2002; Croisier et al., 2003; Dauty et al., 2003; Fousekis et al., 2010; Golik-Peric, Drapsin, Obradovic, & Drid, 2011; Houweling & Hamzeh, 2010; Kim & Hong, 2011; Lehance et al., 2009; Malý et al., 2010; Tourny-Chollet, Leroy, Delarue, & Beuret-Blanquart, 2003; Wright, Ball, & Wood, 2009). Croisier (2004) uvádí, že ve sportu a rehabilitaci jsou H/Q poměry běžně využívány k popisu dynamické stability kolene, identifikaci možných rizikových faktorů pro vznik a obnovení zranění hamstringů a kolene, monitorování rehabilitačních programů a k určení, kdy se sportovec může bezpečně vrátit k tréninku.

#### **Konvenční H/Q poměr ( $H/Q_{KON}$ )**

Většina autorů se shoduje, že je-li tzv. konvenční H/Q poměr ( $H/Q_{KON}$ ), tj. poměr síly hamstringů a kvadricepsu při koncentrické kontrakci v případě rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  menší než 0,6 (60 %), pravděpodobnost výskytu zranění hamstringů se zvyšuje. Ukazuje se, že při nízkém poměru  $H/Q_{KON}$  dochází k většímu zatížení intraartikulárních struktur a je snížena také schopnost znovu nastavení optimální pozice kloubu, což vede ke změně biomechaniky kolenního kloubu. Jakmile se poměr blíží k hodnotě 1,0 (100 %), je funkce hamstringů ke stabilizaci kolenního kloubu téměř ideální a tím se snižuje riziko poškození zejména LCA (Dauty et al., 2003; Dvir, 2004). Houweling, Head a Hamzeh (2009) prokázali, že poměrem  $H/Q_{KON}$  při nízkých rychlostech ( $60^\circ \cdot s^{-1}$ ) je možné určit výskyt předchozího zranění (zejména hamstringů). Podle některých autorů je nedostatkem poměru  $H/Q_{KON}$  fakt, že popisuje svalovou akci, která se fyziologicky nevyskytuje (Ayala et al., 2012; Dauty et al., 2003; Wright et al., 2009).

## **Funkční H/Q poměr ( $H/Q_{\text{FUN}}$ )**

Jiní autoři naopak upozorňují na význam současné aktivace excentricky pracujících hamstringů v extenzích kolenního kloubu a jejich dynamickou roli při udržování stability kolenního kloubu. Ačkoliv se může současná aktivace hamstringů během koncentrické kolenní extenze zdát jako kontraproduktivní, tak byl prokázán její stabilizační vliv na funkci kolenního kloubu a funguje jako přirozený ochranný mechanismus (Chan & Maffuli, 1996). Zvýšení antagonistické aktivace hamstringů redukuje nadbytečné napětí LCA (Tourny-Chollet & Leroy, 2002). Uvedené poznatky vedly k vývoji tzv. funkčního H/Q poměru ( $H/Q_{\text{FUN}}$ ), tj. poměru maximální excentrické síly hamstringů a maximální koncentrické síly kvadricepsu. Zatímco poměr  $H/Q_{\text{KON}}$  poukazuje na svalovou dysbalanci, poměr  $H/Q_{\text{FUN}}$  má vyjadřovat schopnost flexorů kolene brzdit pohyb prováděný zapojením kvadricepsu (De Ste Croix, 2007; Dvir, 2004). Jako první popsali poměr  $H/Q_{\text{FUN}}$  Dvir, Eger, Halperin a Shklar (1989).

Hodnota poměru  $H/Q_{\text{FUN}}$  1,0 (100 %) při úhlové rychlosti  $60^\circ \cdot \text{s}^{-1}$  vyjadřuje rovnováhu mezi silou kolenních flexorů a extenzorů, a tedy jejich optimální schopnost dynamické stabilizace kolenního kloubu (Aagaard et al., 2000; Coombs & Garbutt, 2002). Hodnoty poměrů nad 0,7 (70 %) se považují za dostačující. Je-li hodnota poměrů  $H/Q_{\text{FUN}}$  menší než 0,6 (60 %), je míra dysbalance mezi silou kolenních flexorů a extenzorů vysoká, dynamická stabilizace je narušená a riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu výrazně zvýšené (Dauty et al., 2003; Yeung, Suen, & Yeung, 2009).

Epidemiologická zjištění ukazují důležitost úhlu v kloubu a úhlové rychlosti při výpočtu především funkčního poměru hamstringů a kvadricepsu. Bylo zjištěno, že k ruptuře LCA dochází obvykle v blízkosti plné extenze ( $0-30^\circ$  kolenní flexe) při pohybech vysoké rychlosti. Avšak koncentrický a excentrický peak torque hamstringů a kvadricepsu je nejčastěji dosahován mezi  $30-80^\circ$  kolenní flexe (Forbes, Sutcliffe, Lovell, McNaughton, & Siegler, 2009). Na základě těchto znalostí se ukazuje jako vhodné počítat funkční poměr  $H/Q_{\text{FUN}}$  pomocí hodnot momentu síly ve specifických úhlech blízkých plné extenzi ( $H/Q_{\text{FUN}_5}$ ,  $H/Q_{\text{FUN}_{10}}$ ,  $H/Q_{\text{FUN}_{15}}$ ,  $H/Q_{\text{FUN}_{20}}$ ,  $H/Q_{\text{FUN}_{25}}$  a  $H/Q_{\text{FUN}_{30}}$ ). Další užitečnou formou, může být počítání funkčního poměru  $H/Q_{\text{FUN}}$  pomocí průměrných hodnot momentu síly dosažených ve specifickém rozsahu pohybu  $0-30^\circ$  kolenní flexe –  $H/Q_{\text{FUN}_{0-30}}$  (Ayala et al., 2012).

Z uvedených poznatků je patrné, že trénink síly ve fotbale je důležitou, avšak problematickou záležitostí. Stejně tak je důležitá prevence zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu. Správně načasovaná diagnostika síly stehenních svalů přináší trenérům důležité informace, které mohou využít při řízení tréninkového procesu. Izokinetická dynamometrie je vhodnou metodou k hodnocení efektivnosti tréninku síly stehenních svalů a prevence zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu u fotbalistů.

### 3 CÍLE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

#### 3.1 CÍL PRÁCE

Cílem práce je posoudit z výkonnostního a zdravotního hlediska dynamiku změn izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu na začátku zimního přípravného období, po skončení zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období u fotbalistů kategorie U19.

##### 3.1.1 Dílčí cíle

- Posoudit dynamiku změn PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu při izokinetickém pohybu ve vybraných obdobích RTC.
- Posoudit dynamiku změn  $H/Q_{KON}$  poměru ve vybraných obdobích RTC.
- Posoudit dynamiku změn  $H/Q_{FUN}$  poměru ve vybraných obdobích RTC.
- Posoudit dynamiku změn  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  poměru ve vybraných obdobích RTC.

#### 3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY

VO<sub>1</sub>: Jaká je dynamika změn PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu ve vybraných obdobích RTC u sledovaných fotbalistů?

VO<sub>2</sub>: Nachází se hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru nad hraniční hodnotou, a k jakým změnám u nich dochází ve vybraných obdobích RTC u sledovaných fotbalistů?

VO<sub>3</sub>: Nachází se hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru nad hraniční hodnotou, a k jakým změnám u nich dochází ve vybraných obdobích RTC u sledovaných fotbalistů?

VO<sub>4</sub>: Jaká je dynamika změn  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  poměru ve vybraných obdobích RTC u sledovaných fotbalistů?

## 4 METODIKA

### 4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Soubor probandů tvořilo 9 hráčů SK Sigma Olomouc a.s. kategorie U19 (Tabulka 2). Z původního 20 členného souboru bylo vyřazeno 11 hráčů. Důvodem vyřazení byla neúčast těchto hráčů na všech měřeních kvůli zranění nebo účasti na reprezentačních srazech. Celkem 8 probandů mělo dominantní pravou dolní končetinu, jen 1 levou dolní končetinu.

Všichni probandi byli seznámeni s cílem a metodikou měření, souhlasili s participací na výzkumu a s použitím získaných dat pro výzkumné účely (Příloha 1). Studie byla schválena etickou komisí FTK (Příloha 2).

Testování podstoupili pouze relativně zdraví jedinci bez akutních zdravotních problémů v oblasti dolní končetiny, resp. onemocnění ovlivňujících fyzický výkon.

**Tabulka 2.** Charakteristika souboru (n=9)

Proměnná	1. měření	2. měření	3. měření
Věk	18,5±0,4	18,7±0,4	18,9±0,4
Výška	180,8±4,4	180,7±4,3	180,8±4,4
Hmotnost	73,5±5,0	73,5±5,0	71,4±6,1

*Vysvětlivky:* Uvedené hodnoty představují aritmetický průměr a směrodatnou odchylku.

### 4.2 POSTUP MĚŘENÍ

Nejprve byla stanovena dominance dolních končetin (jako dominantní byla stanovena končetina, kterou proband preferuje pro kop do míče), výška a hmotnost. Následovalo rozcvičení probandů. Ihned po rozcvičení proběhlo vlastní izokinetické testování. Jako první byla testována pravá dolní končetina. Po testování pravé dolní

končetiny se dynamometr poloautomaticky přesunul a přednastavil na levou dolní končetinu. Pořadí testovaných končetin bylo vždy stejné.

#### **4.2.1 Rozcvičení**

Rozcvičení se skládalo ze dvou částí. Jako první proběhlo rozehrání na bicyklovém ergometru po dobu 6 min, poté následovalo 5 min strečinku s využitím postizometrické relaxace testovaných svalových partií s cílem přípravy na maximální silový výkon.

#### **4.2.2 Použité metody**

Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla měřena použitím izokinetického dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Reliabilitu přístroje IsoMed 2000 ověřovali ve své studii Dirnberger et al. (2012). Hodnoty korelačních koeficientů dosáhly vysokých hodnot jak v koncentrickém ( $r=0,91-0,98$ ), tak v excentrickém ( $r=0,96-0,98$ ) režimu svalové kontrakce. V systému IsoMed 2000 byla nejprve vytvořena karta s iniciály každého probanda. Probandi byli testováni v pozici vsedě s rukama na madlech podél sedadla. Opěrka sedadla byla sklopena o  $15^\circ$ , úhel v kyčelním kloubu byl přibližně  $110^\circ$ . Probandi byli zafixováni v oblasti ramen, pánve a stehna pracující končetiny (Příloha 3). Osa otáčení dynamometru byla shodná s osou otáčení kolenního kloubu (laterální femorální kondyl). Rameno páky dynamometru bylo zafixováno v distální části bérce, umístěno 2 cm nad mediálním malleolem. Nastavení sedadla bylo uloženo do paměti dynamometru a při měření druhostranné končetiny bylo automaticky nastaveno pomocí funkce „memotronic“. Rozsah pohybu byl  $80^\circ$ , přičemž výchozí poloha byla  $10^\circ$  flexe a konečná  $90^\circ$  flexe v kolenním kloubu. Rozsah byl nastaven aretacemi dle návodu. Pro měření byla použita úhlová rychlost  $60^\circ \cdot s^{-1}$  (Brown, 2000; Dvir, 2004; Perrin, 1993). Měření bylo provedeno ve dvou režimech svalové kontrakce flexorů a extenzorů – koncentrický/koncentrický a excentrický/excentrický. V průběhu měření byla aktivována gravitační korekce. Testovací protokol jedné dolní končetiny se skládal ze čtyř sérií (Tabulka 3).



**Tabulka 3.** Popis procesu měření na jedné DK

	<b>1. série</b>	<b>2. série</b>	<b>3. série</b>	<b>4. série</b>
<b>RSK</b>	con/con	con/con	ecc/ecc	ecc/ecc
<b>PO</b>	6	6	6	6
<b>ZS</b>	rozcvičovací	testovací	rozcvičovací	testovací

*Vysvětlivky:* RSK – režim svalové kontrakce, PO – počet opakování, ZS – zaměření série, con/con – koncentrická flexe následovaná koncentrickou extenzí, ecc/ecc – excentrická flexe následovaná excentrickou extenzí.

Účelem rozcvičovací série byla familiarizace a proband byl v této sérii veden k postupnému zvyšování intenzity. Po 30 ti sekundovém intervalu zotavení následovala vlastní testovací série šesti kontrakcí provedených s maximálním úsilím. Tyto dvě série (rozcvičovací a testovací) byly provedeny pro oba režimy svalové kontrakce. Čas pro zotavení mezi měřeními v jednotlivých rychlostech byl 1 min. Mezi měřeními pravé a levé dolní končetiny byl časový interval 3 min. V průběhu měření byla probandům poskytována zpětná vazba v podobě křivky momentu svalové síly na monitoru dynamometru. Z naměřených hodnot byl pro vyhodnocení použit peak torque (PT) a average torque z redukovaného rozsahu pohybu 10-30° ( $AT_{10-30}$ ). Dále byl vydělením hodnot PT flexorů a extenzorů v koncentrickém režimu vypočten konvenční poměr síly  $H/Q_{KON}$ , pomocí hodnot PT flexorů v excentrickém a PT extenzorů v koncentrickém režimu byl vypočten funkční poměr  $H/Q_{FUN}$  a dělením hodnot  $AT_{10-30}$  flexorů v excentrickém a extenzorů v koncentrickém režimu byl vypočten funkční poměr  $H/Q_{FUN_{10-30}}$ .

### 4.3 TERMÍNY MĚŘENÍ

První měření proběhlo před začátkem zimního přípravného období, 12. 1. 2012. Druhé měření následovalo po 10 týdnech zimního přípravného období, 22. 3. 2012. Třetí měření bylo uskutečněno 13. 6. 2012, tj. po skončení jarního soutěžního období, které trvalo 12 týdnů.

#### 4.4 TRÉNINKOVÉ ZATÍŽENÍ HRÁČŮ

Sledované tréninkové období trvalo celkem 22 týdnů, z toho 10 týdnů bylo zimní přípravné období a 12 týdnů jarní soutěžní období. Byly vypočteny hodnoty tréninkového zatížení hráčů ve sledovaných obdobích (Tabulka 4 a 5).

**Tabulka 4.** Ukazatele tréninkového zatížení hráčů v přípravném období (10 týdnů)

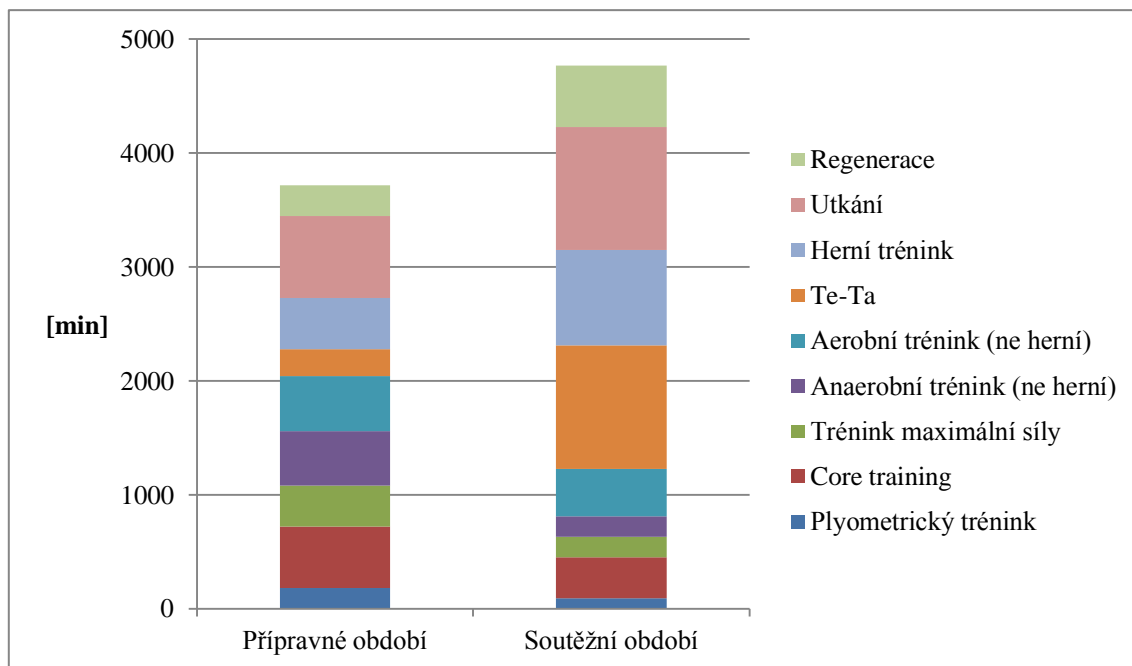
U19	Čas (min)
1. Kondiční trénink	
a) trénink síly	
- plyometrický trénink	180
- core training	540
- trénink maximální síly	360
b) anaerobní trénink (ne herní)	480
c) aerobní trénink (ne herní)	480
2. Dovednostně orientovaný trénink	
a) Te-Ta	240
b) herní trénink	450
3. Utkání	720
4. Regenerace	270

*Vysvětlivky:* Te-Ta – technicko taktický trénink.

**Tabulka 5.** Ukazatele tréninkového zatížení hráčů v soutěžním období (12 týdnů)

U19	Čas (min)
1. Kondiční trénink	
a) trénink síly	
- plyometrický trénink	90
- core training	360
- trénink maximální síly	180
b) anaerobní trénink (ne herní)	180
c) aerobní trénink (ne herní)	420
2. Dovednostně orientovaný trénink	
a) Te-Ta	1080
b) herní trénink	840
3. Utkání	1080
4. Regenerace	540

*Vysvětlivky:* Te-Ta – technicko taktický trénink.



**Obrázek 3.** Porovnání ukazatelů tréninkového zatížení v přípravném (10 týdnů) a soutěžním (12 týdnů) období

Trénink síly v přípravném období obsahoval 1x týdně core training, trénink maximální síly a plyometrický trénink. V soutěžním období došlo k redukcí objemu tréninku síly. Hlavním rozdílem mezi tréninkem v přípravném a soutěžním období (Obrázek 3) je čas věnovaný aerobnímu a anaerobnímu tréninku (více v přípravném období) proti času věnovanému hernímu a technicko taktickému tréninku (více v soutěžním období).

#### 4.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Pro statistické zpracování dat byl použit software STATISTICA 10. U všech sledovaných parametrů měření byla provedena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr a směrodatná odchylka). Ke stanovení významnosti rozdílů sledovaných parametrů byla použita Friedmanova analýza variance (ANOVA). Významnost rozdílů mezi jednotlivými měřeními byla stanovena pomocí Wilcoxonova párového testu. Stanovení významnosti rozdílů bylo posuzováno na hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ .

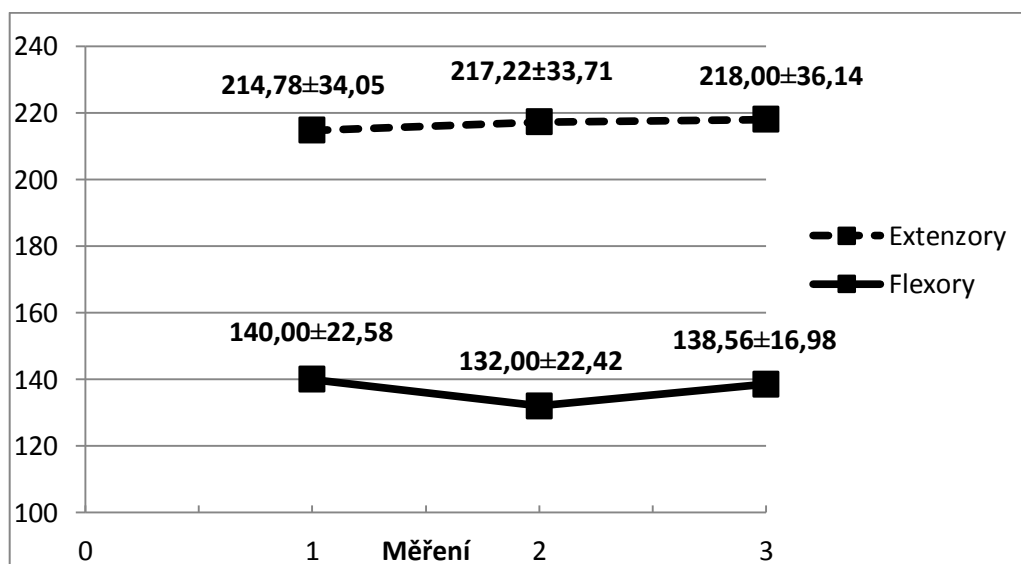
## 5 VÝSLEDKY

Testování svalové síly bylo provedeno v souladu se zvolenou metodikou a na základě literární rešerše při úhlové rychlosti pohybu  $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$  v koncentrickém a excentrickém režimu svalové kontrakce. Z naměřených hodnot byl pro vyhodnocení použit PT,  $H/Q_{\text{KON}}$ ,  $H/Q_{\text{FUN}}$  a  $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ . Byly vypočteny základní statistické charakteristiky u sledovaných parametrů (Příloha 4-7).

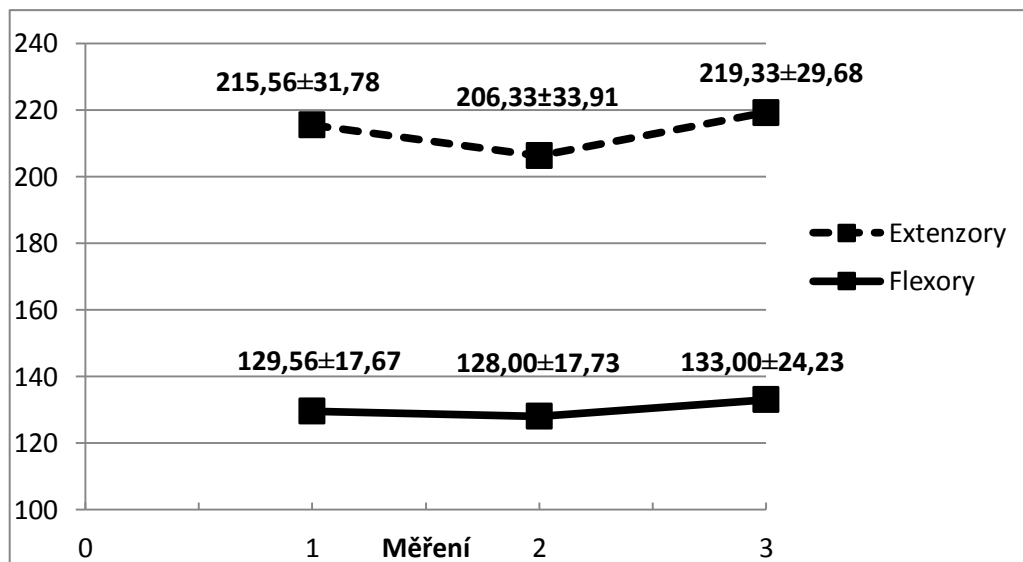
### 5.1 PEAK TORQUE

#### Peak torque v koncentrickém režimu

Všichni probandi ve všech měřeních dosahovali vyšších hodnot PT u extenzorů než u flexorů v koncentrickém režimu u DDK i NDK. Průměrné hodnoty PT extenzorů se mezi měřeními zvyšovaly na DDK (Obrázek 4), zatímco na NDK zaznamenaly extenzory pokles hodnot PT ve druhém měření (Obrázek 5). Pro průměrné hodnoty PT flexorů na DDK i NDK byl charakteristický pokles ve druhém měření (Obrázek 4 a 5).



**Obrázek 4.** Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na DDK při rychlosti  $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$  v jednotlivých měřeních



**Obrázek 5.** Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na NDK při rychlosti  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Friedmanova ANOVA ukázala statisticky významný rozdíl průměrných hodnot PT v koncentrickém režimu na NDK mezi měřeními (Tabulka 6). Pro hlubší analýzu byl použit Wilcoxonův párový test, který ukázal na statisticky významný rozdíl mezi druhým a třetím měřením (Tabulka 7).

**Tabulka 6.** Změny v hodnotách PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v koncentrickém režimu (n=9)

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
<b>PT-Fcon_1,2,3</b>	0,06	0,97	0,94	0,63
<b>PT-Econ_1,2,3</b>	1,77	0,41	6,00	<0,05*

*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* – statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; PT – peak torque; E – extenzory kolenního kloubu; F – flexory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

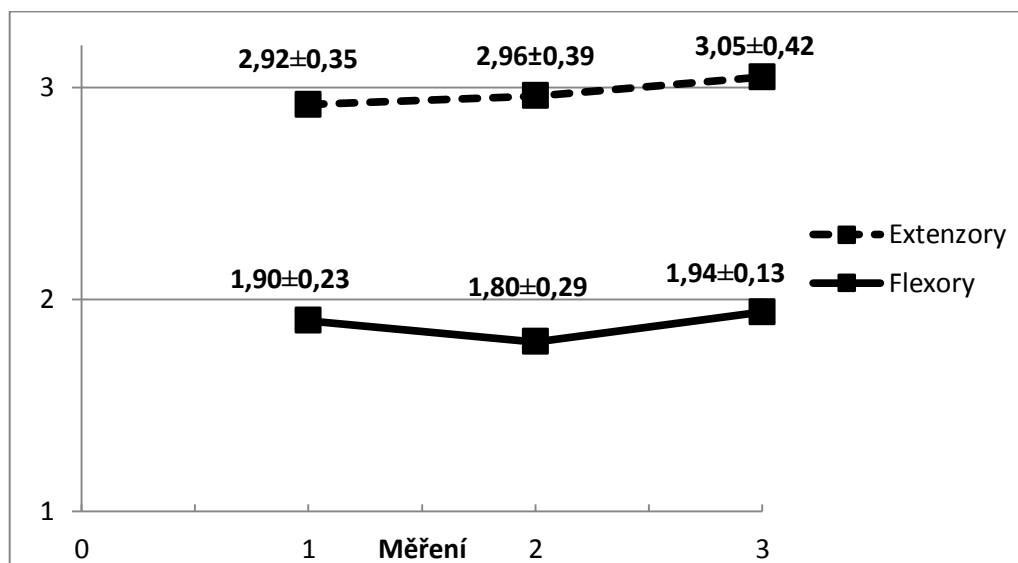
**Tabulka 7.** Změny hodnot PT extenzorů kolenního kloubu na NDK v koncentrickém režimu svalové kontrakce mezi jednotlivými měřeními (n=9)

Dvojice proměnných	Počet - platných	T	Z	p
NDK-PT-Econ_1 & NDK-PT-Econ_2	9	12,00	1,24	0,21
NDK-PT-Econ_1 & NDK-PT-Econ_3	9	20,50	0,24	0,81
NDK-PT-Econ_2 & NDK-PT-Econ_3	9	4,00	2,19	0,03*

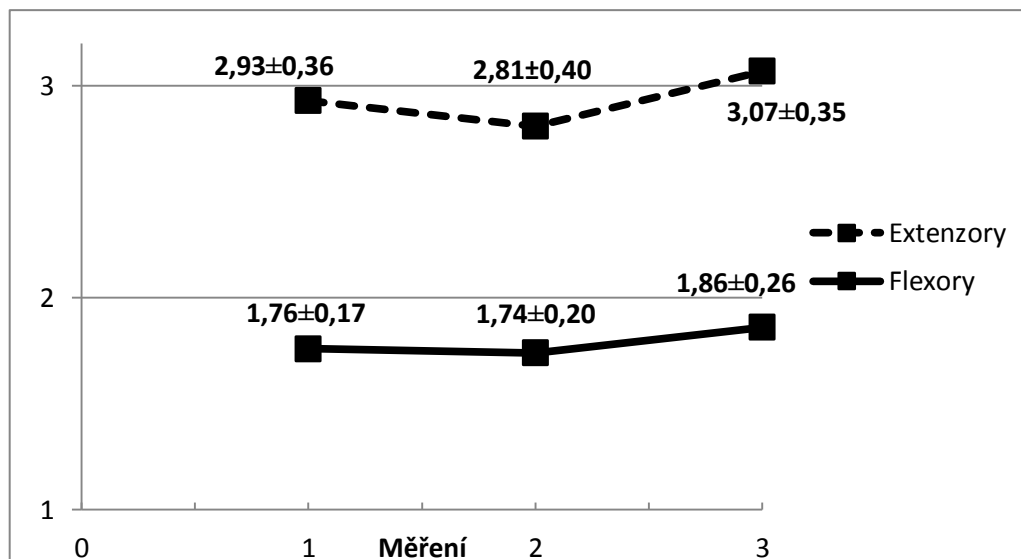
*Vysvětlivky:* p – hladina statistické významnosti; T – testovací kritérium; Z – hodnota testovacího kritéria Wilcoxonova párového testu; \* – statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); NDK – nedominantní dolní končetina; PT – peak torque; E – extenzory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce.

### Relativní peak torque v koncentrickém režimu

Průměrné hodnoty relativního PT flexorů a extenzorů v koncentrickém režimu korespondují s absolutními hodnotami PT na DDK i NDK (Obrázek 6 a 7).



**Obrázek 6.** Průměrné hodnoty relativního PT [N·m·kg<sup>-1</sup>] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na DDK při rychlosti 60°·s<sup>-1</sup> v jednotlivých měřeních



**Obrázek 7.** Průměrné hodnoty relativního PT [ $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na NDK při rychlosti  $60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Stejně jako v případě absolutních hodnot PT ukázala Friedmanova ANOVA statisticky významný rozdíl průměrných hodnot relativního PT v koncentrickém režimu na NDK mezi měřeními (Tabulka 8). Wilcoxonův párový test potvrdil statisticky významný rozdíl mezi druhým a třetím měřením (Tabulka 9).

**Tabulka 8.** Změny v hodnotách relativního PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v koncentrickém režimu ( $n=9$ )

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
<b>PT/kg-Fcon_1,2,3</b>	1,56	0,46	4,22	0,12
<b>PT/kg-Econ_1,2,3</b>	1,56	0,46	6,89	0,03*

*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* – statisticky významné hodnoty ( $p<0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; PT/kg – relativní peak torque; E – extenzory kolenního kloubu; F – flexory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

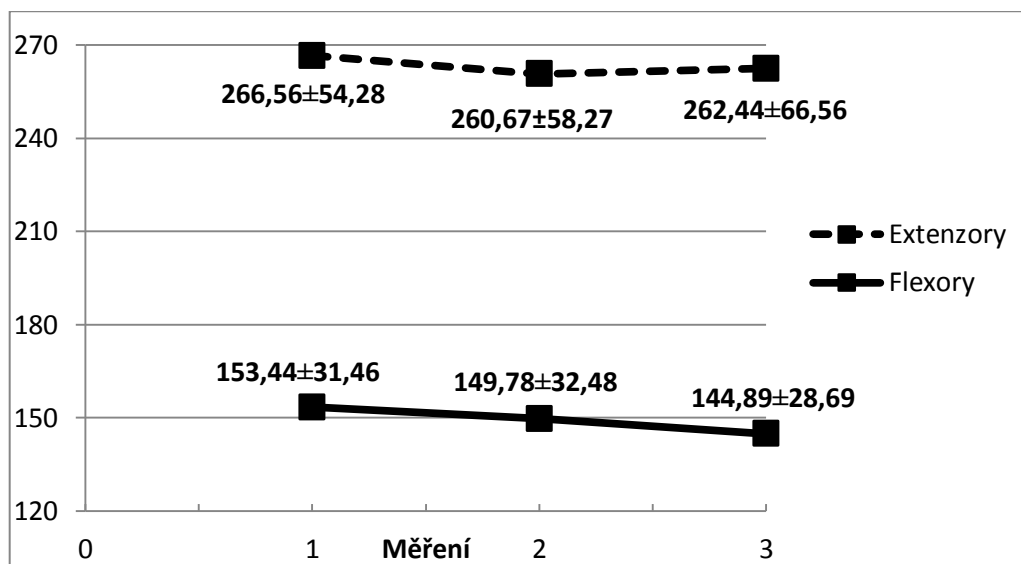
**Tabulka 9.** Změny hodnot relativního PT extenzorů kolenního kloubu na NDK v koncentrickém režimu svalové kontrakce mezi jednotlivými měřeními (n=9)

Dvojice proměnných	Počet - platných	T	Z	p
NDK-PT/kg-Econ_1 & NDK-PT/kg-Econ_2	9	12,00	1,24	0,21
NDK-PT/kg-Econ_1 & NDK-PT/kg-Econ_3	9	11,00	1,36	0,17
NDK-PT/kg-Econ_2 & NDK-PT/kg-Econ_3	9	1,00	2,55	0,01*

*Vysvětlivky:* p – hladina statistické významnosti; T – testovací kritérium; Z – hodnota testovacího kritéria Wilcoxonova párového testu; \* – statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); NDK – nedominantní dolní končetina; PT/kg – relativní peak torque; E – extenzory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce.

### Peak torque v excentrickém režimu

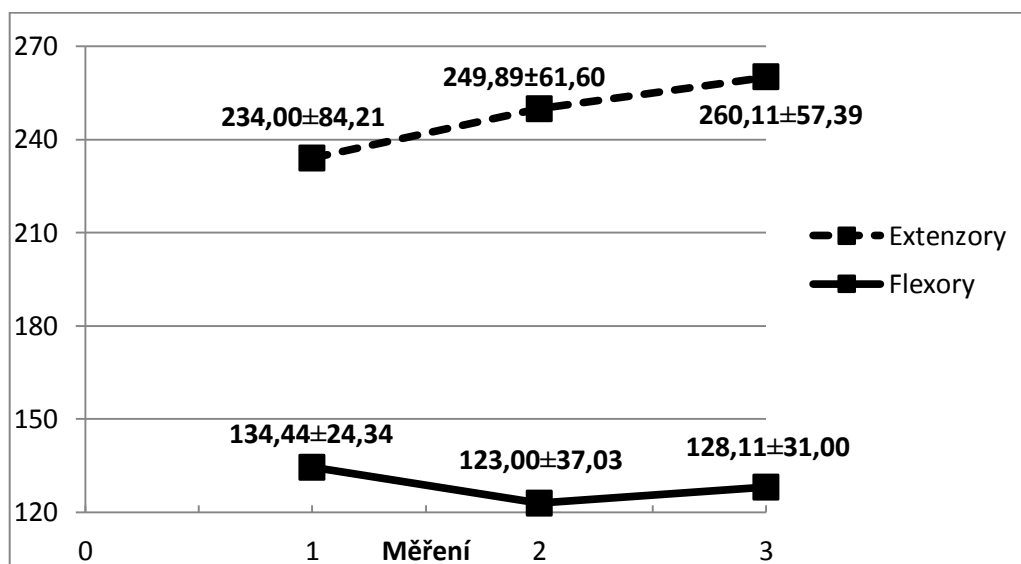
U všech probandů bylo ve všech měřeních dosaženo vyšších hodnot PT u extenzorů než u flexorů v excentrickém režimu na DDK i NDK. Průměrné hodnoty PT extenzorů se na DDK snížily ve druhém měření a následně se mírně zvýšily ve třetím měření. PT flexorů mezi měřeními klesal na DDK (Obrázek 8).



**Obrázek 8.** Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu na DDK při rychlosti  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  v jednotlivých měřeních



Průměrné hodnoty PT extenzorů se na NDK zvyšovaly mezi měřeními, zatímco v případě PT flexorů na NDK byl pozorován pokles ve druhém měření a následný mírný nárůst ve třetím měření (Obrázek 9).



**Obrázek 9.** Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu na NDK při rychlosti  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Friedmanova ANOVA neprokázala statisticky významné změny v průměrných hodnotách PT flexorů a extenzorů na DDK i NDK mezi měřeními (Tabulka 10).

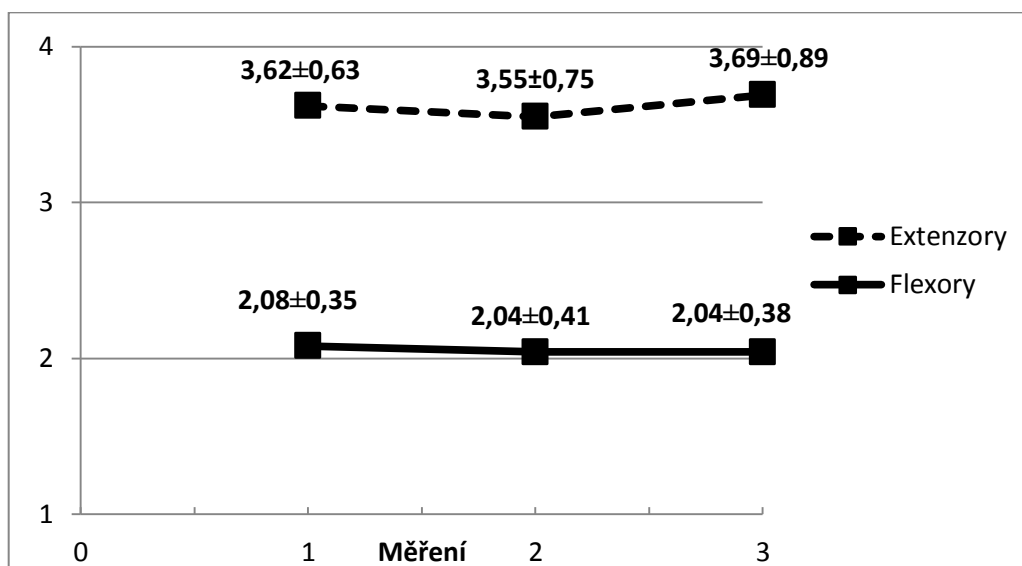
**Tabulka 10.** Změny v hodnotách PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v excentrickém režimu (n=9)

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
<b>PT-Fecc_1,2,3</b>	0,667	0,717	0,743	0,700
<b>PT-Eecc_1,2,3</b>	0,889	0,641	2,667	0,264

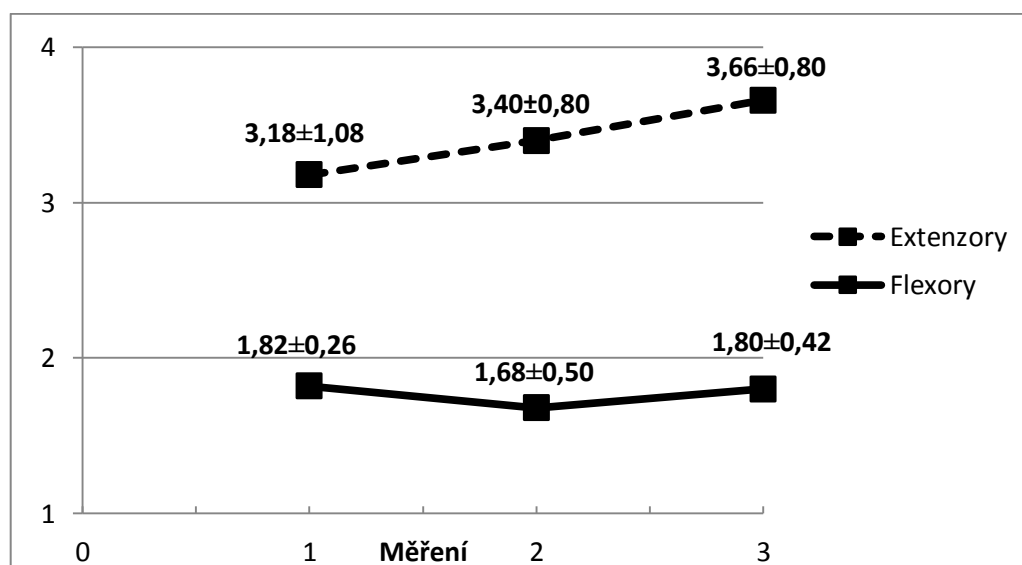
*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* – statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; PT – peak torque; E – extenzory kolenního kloubu; F – flexory kolenního kloubu; ecc – excentrický režim svalové kontrakce; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

## Relativní peak torque v excentrickém režimu

Průměrné hodnoty relativního PT flexorů a extenzorů v excentrickém režimu opět korespondují s absolutními hodnotami PT na DDK i NDK (Obrázek 10 a 11).



**Obrázek 10.** Průměrné hodnoty relativního PT [ $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu na DDK při rychlosti  $60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$  v jednotlivých měřeních



**Obrázek 11.** Průměrné hodnoty relativního PT [ $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu na NDK při rychlosti  $60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Friedmanova ANOVA neprokázala statisticky významné změny relativního PT flexorů a extenzorů na DDK i NDK mezi měřeními (Tabulka 11).

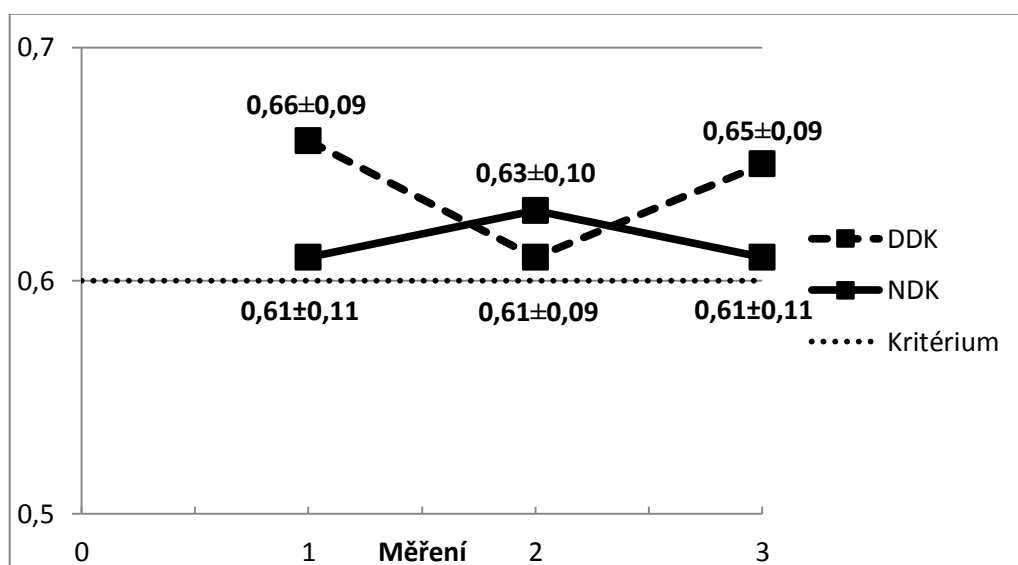
**Tabulka 11.** Změny v hodnotách relativního PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v excentrickém režimu (n=9)

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
PT/kg-Fecc_1,2,3	2,222	0,895	1,556	0,459
PT/kg-Eecc_1,2,3	1,556	0,459	0,667	0,717

*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* – statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; PT/kg – relativní peak torque; E – extenzory kolenního kloubu; F – flexory kolenního kloubu; ecc – excentrický režim svalové kontrakce; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

## 5.2 KONVENČNÍ POMĚR $H/Q_{KON}$

Průměrné hodnoty  $H/Q_{KON}$  na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly nad hraniční hodnotou (0,6).  $H/Q_{KON}$  na DDK poklesl ve druhém měření a následně zaznamenal nárůst ve třetím měření. Opačnou tendenci měly změny hodnot  $H/Q_{KON}$  na NDK (Obrázek 12).



**Obrázek 12.** Průměrné hodnoty  $H/Q_{KON}$  na DDK a NDK při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Friedmanova ANOVA neodhalila signifikantní změny  $H/Q_{KON}$  na DDK i NDK mezi měřeními (Tabulka 12).

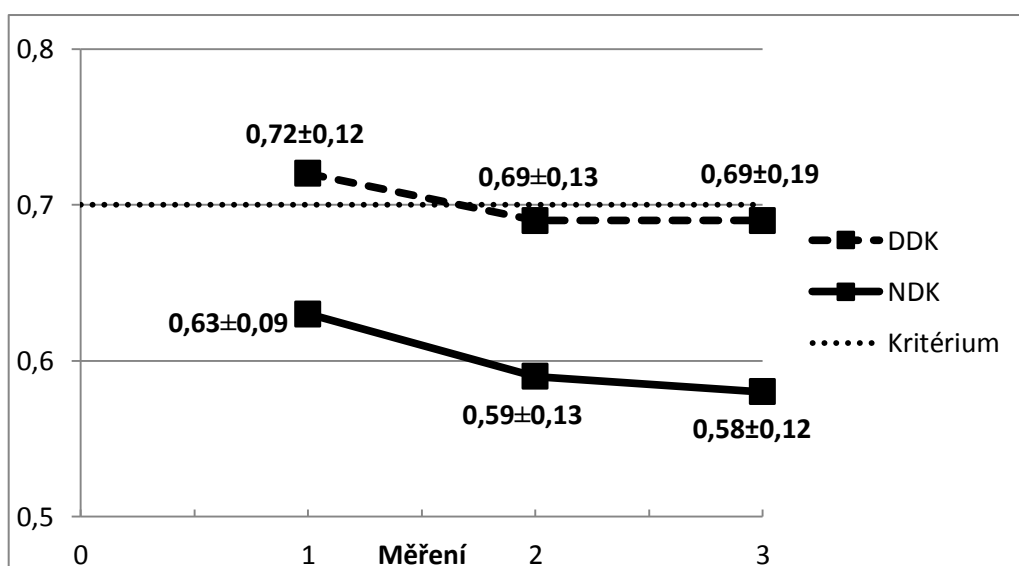
**Tabulka 12.** Změny v hodnotách  $H/Q_{KON}$  mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v koncentrickém a excentrickém režimu (n=9)

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
$H/Q_{KON\_1,2,3}$	2,889	0,236	2,000	0,368

*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina;  $H/Q_{KON}$  – konvenční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

### 5.3 FUNKČNÍ POMĚR $H/Q_{FUN}$

Průměrné hodnoty  $H/Q_{FUN}$  na DDK se pouze v prvním měření pohybovaly nad hraniční hodnotou (0,7). Ve druhém a třetím měření klesly hodnoty  $H/Q_{FUN}$  těsně pod hraniční hodnotu. Na NDK se hodnoty  $H/Q_{FUN}$  nacházely pod hraniční hodnotou ve všech třech měřeních (Obrázek 13).



**Obrázek 13.** Průměrné hodnoty  $H/Q_{FUN}$  na DDK a NDK při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Friedmanova ANOVA neodhalila žádné signifikantní změny  $H/Q_{FUN}$  na DDK i NDK mezi měřeními (Tabulka 13).

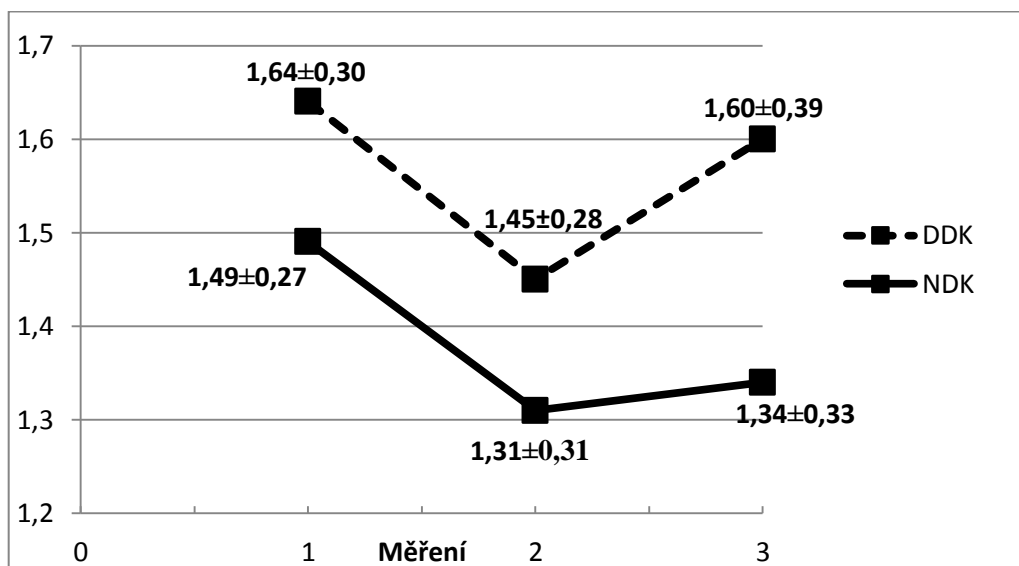
**Tabulka 13.** Změny v hodnotách  $H/Q_{FUN}$  mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v koncentrickém a excentrickém režimu (n=9)

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
$H/Q_{FUN\_1,2,3}$	2,667	0,264	0,889	0,641

*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina;  $H/Q_{FUN}$  – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

#### 5.4 FUNKČNÍ POMĚR $H/Q_{FUN\_10-30}$

Průměrné hodnoty  $H/Q_{FUN\_10-30}$  na DDK a NDK se snižovaly ve druhém měření a následně zaznamenaly nárůst ve třetím měření. Ve všech měřeních byly hodnoty  $H/Q_{FUN\_10-30}$  na DDK vyšší než na NDK (Obrázek 14).



**Obrázek 14.** Průměrné hodnoty  $H/Q_{FUN\_10-30}$  na DDK a NDK při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  v jednotlivých měřeních

Friedmanova ANOVA neodhalila signifikantní změny v hodnotách  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK a NDK mezi měřeními (Tabulka 14).

**Tabulka 14.** Změny v hodnotách  $H/Q_{KON}$ ,  $H/Q_{FUN}$  a  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK v koncentrickém a excentrickém režimu (n=9)

	DDK		NDK	
	$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
$H/Q_{FUN_{10-30_{1,2,3}}$	3,556	0,169	1,556	0,459

*Vysvětlivky:*  $\chi^2$  – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; \* statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina;  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu v rozsahu 10-30° kolenní flexe; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

Wilcoxonův párový test prokázal statisticky významný pokles hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK mezi prvním a druhým měřením (Tabulka 15).

**Tabulka 15.** Změny hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK mezi jednotlivými měřeními

Dvojice proměnných	Počet - platných	T	Z	p
DDK- $H/Q_{FUN_{10-30_1}}$ & DDK- $H/Q_{FUN_{10-30_2}}$	9	4,00	2,19	0,03*
DDK- $H/Q_{FUN_{10-30_1}}$ & DDK- $H/Q_{FUN_{10-30_3}}$	9	17,00	0,65	0,51
DDK- $H/Q_{FUN_{10-30_2}}$ & DDK- $H/Q_{FUN_{10-30_3}}$	9	12,00	1,24	0,21

*Vysvětlivky:* p – hladina statistické významnosti; T – testovací kritérium; Z – hodnota testovacího kritéria Wilcoxonova párového testu; \* – statisticky významné hodnoty ( $p < 0,05$ ); DDK – dominantní dolní končetina;  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu v rozsahu 10-30° kolenní flexe; 1,2,3 – jednotlivá měření v průběhu RTC.

## 5.5 VYJÁDŘENÍ K VÝZKUMNÝM OTÁZKÁM

Na stanovené výzkumné otázky lze odpovědět následovně:

1. V izokinetické síle došlo k signifikantnímu zvýšení průměrných hodnot PT pouze u extenzorů na NDK v koncentrickém režimu mezi měřeními na konci zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období.
2. Hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru se nacházely nad hraniční hodnotou (0,6) na DDK i NDK ve všech třech měřeních v průběhu RTC. Změny  $H/Q_{KON}$  poměru mezi měřeními v průběhu RTC nebyly statisticky významné.
3. Hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru se na DDK nacházely nad hraniční hodnotou (0,7) pouze v prvním měření, na NDK se ve všech měřeních nacházely pod hraniční hodnotou. Změny hodnot  $H/Q_{FUN}$  poměru mezi měřeními v průběhu RTC nebyly statisticky významné.
4. Průměrné hodnoty  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK a NDK se snižovaly ve druhém měření a následně zaznamenaly nárůst ve třetím měření. Ve všech měřeních byly hodnoty  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK vyšší než na NDK. Byl nalezen statisticky významný pokles hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK mezi prvním a druhým měřením.

## 6 DISKUSE

Svalová síla je jednou z nejdůležitějších komponent fyzické připravenosti hráčů fotbalu. Síla extenzorů kolenního kloubu hraje významnou roli v běžeckých sprintech, výskocích a kopech do míče. Flexory kolenního kloubu jsou důležitým faktorem působícím na délku kroku, kontrolují běžeckou činnost, společně s extenzory stabilizují kolenní kloub při rychlých změnách směru, akceleracích i deceleracích (Lehance et al., 2009). Všechny tyto činnosti závisí na úrovni maximální síly nervosvalového systému, zejména dolních končetin (Cometti et al., 2001).

V souladu s ostatními studii dosahovali i hráči našeho souboru v koncentrickém režimu vyšších hodnot PT při extenzi (koncentrická práce extenzorů) než při flexi (koncentrická práce flexorů), a to na DDK i NDK (Botek et al., 2010; Lehance et al., 2009; Tourny-Chollet et al., 2000). V excentrickém režimu bylo dosahováno vyšších hodnot PT ve flexi (excentrická práce extenzorů) než v extenzi (excentrická práce flexorů), a to na DDK i NDK (Cometti et al., 2001; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010; Tourny-Chollet et al., 2000). Svalová síla v excentrickém režimu byla vždy vyšší než v koncentrickém režimu (Kellis et al., 2001; Tourny-Chollet et al., 2000).

Izokinetická koncentrická síla je považována za reprezentativní pro posuzování svalové síly dolních končetin u hráčů fotbalu (Cerrah et al., 2011). Proto je většina studií zaměřena na izokinetickou koncentrickou sílu, zatímco testování v excentrickém režimu není tolik rozšířené. Pro testování byla zvolena úhlová rychlost  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ , protože umožňuje vyvinout sílu blízkou maximálnímu momentu síly (Tourny-Chollet et al., 2000). Pro srovnání byly vybrány studie, jejichž výsledné hodnoty byly získány při stejné úhlové rychlosti.

### **Diskuse k výsledkům PT s ohledem na RTC**

Výsledky studie ukazují, že hodnoty PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu se u mladých fotbalistů mění v průběhu RTC mezi měřeními na začátku přípravného období, na konci zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období.



Nicméně ke statisticky významným změnám došlo pouze v PT u extenzorů na NDK v koncentrickém režimu svalové kontrakce.

Mezi měřeními na začátku a na konci zimního přípravného období došlo k poklesu síly flexorů DDK i NDK v koncentrickém (DDK 6 %, NDK 1 %) i excentrickém režimu (DDK 2 %, NDK 9 %). U extenzorů došlo v koncentrickém režimu k minimálnímu zvýšení (0,5 %) průměrných hodnot PT na DDK a poklesu (4 %) na NDK, v excentrickém režimu došlo k poklesu hodnot PT na DDK (2 %) a k nárůstu na NDK (7 %). Změny PT pozorované v tomto období RTC mohou být ovlivněny úrovní síly dosažené tréninkem. V přípravném období byl trénink na stimulaci maximální síly dolních končetin zařazen pouze 1x týdně, což se ukazuje jako nedostatečné k rozvoji maximální síly hráčů naší studie. Na druhou stranu tréninkové zatížení v přípravném období bylo velmi vysoké a zřejmě nebylo kompenzováno dostatečnou regenerací, která pravděpodobně vedla ke kumulaci únavy a tím ke snížení síly testovaných svalových skupin. Trénink byl především v přípravném období kombinací intenzivního tréninku vytrvalosti, rychlosti a síly, což mohlo být rovněž příčinou stagnace sledovaných parametrů. Lehnert et al. (2011) uvádí, že tradiční fotbalový trénink bez systematického silového tréninku nevede ke zvýšení síly u mladých fotbalistů. Fleck a Kraemer (1987) upozorňují na negativní vliv souběžného vysoce intenzivního tréninku na silový trénink, jelikož dochází k nežádoucím adaptačním interakcím. Předchozí studie prokázaly, že svalová síla flexorů a extenzorů kolene není dostatečně stimulována prostřednictvím tradičního modelu přípravného období, které zahrnuje současné zaměření na rozvoj více pohybových schopností a dovedností, ačkoliv každá z nich vyžaduje odlišné specifické nároky na fyziologické, morfologické a psychologické adaptace. V takovém případě je tréninkový efekt redukován a schopnost dosažení maximální výkonnosti je limitována (Botek et al., 2010).

V průběhu soutěžního období došlo ke zvýšení hodnot PT flexorů v koncentrickém režimu na DDK (5 %) a NDK (4 %) vzhledem k měření po přípravném období. Ve stejném období stagnovala síla extenzorů v koncentrickém režimu na DDK a zvýšila se na NDK (6 %). Výsledky měření síly v excentrickém režimu ukazují na snížení hodnot PT flexorů na DDK (3 %) a zvýšení na NDK (4 %). Síla extenzorů v excentrickém režimu stagnovala na DDK a zvýšila se na NDK (4 %). V naší studii bylo ve většině případů dosaženo nejvyšších průměrných hodnot PT

flexorů a extenzorů v koncentrickém i excentrickém režimu na DDK a NDK v posledním měření, tedy na konci jarního soutěžního období. Zvýšení hodnot sledovaných parametrů izokinetické síly v měření na konci soutěžního období oproti měření na konci přípravného období mohlo být způsobeno snížením objemu tréninkového zatížení v soutěžním období a s tím související nižší hladinou únavy sledovaných svalových skupin. Trénink maximální síly 1x týdně se zdá dostatečným pro udržení úrovně maximální síly v soutěžním období. Brown (2000) uvádí, že izokinetická síla je citlivá na změny síly v průběhu přípravných a soutěžních období. Snížení koncentrické síly kolenních extenzorů při střední úhlové rychlosti (izolovaně i ve srovnání s excentrickou silou) se u vrcholových sportovců ukázal být známkou přetrénování. Podle Browna (2000) se izokinetická síla také zdá být citlivým ukazatelem změn v síle způsobené neizokinetickým silovým tréninkem u fotbalistů. Zjištěné změny tak mohly souviset se změnami v tréninkovém a herním zatížení. Zvýšení hodnot PT mezi prvním a třetím měřením mohlo být ovlivněno také přirozeným vývinem hráčů, jelikož sledované období trvalo 22 týdnů. Při interpretaci výsledků hodnot PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu u sledované skupiny hráčů musíme vzít v úvahu dva aspekty. V první řadě je to srovnání s výsledky dospělých elitních fotbalistů (Lehance et al., 2009; Malliou et al., 2003; Malý et al., 2011). Za druhé je při interpretaci výsledků izokinetického testování nutné počítat s chybou měření, ačkoliv byla reliabilita měření izokinetického dynamometru IsoMed 2000 shledána jako vysoká (Dirnberger et al., 2012).

Výsledky naší studie můžeme srovnat s výsledky měření u hráčů stejného klubu (n=14) a kategorie U19. Botek et al. (2010) testovali svalovou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na DDK a NDK na začátku a na konci přípravného období a zjistili, že PT se mezi měřeními zvyšoval pouze u flexorů DDK ( $PT_1=165,4\pm 19,2$  N·m,  $PT_2=169,3\pm 31,1$  N·m), zatímco se snižoval u extenzorů DDK ( $PT_1=233,6\pm 47,5$  N·m,  $PT_2=219,6\pm 44,8$  N·m), u flexorů NDK ( $PT_1=169,9\pm 22,3$  N·m,  $PT_2=162,1\pm 27,3$  N·m) a extenzorů NDK ( $PT_1=243,9\pm 39,8$  N·m,  $PT_2=233,1\pm 39,2$  N·m). Naši hráči celkově dosahovali nižších hodnot PT flexorů (DDK 15 %, NDK 24 %) i extenzorů (DDK 9 %, NDK 12 %) v prvním měření, přičemž ve druhém měření došlo jen k minimálním změnám v silovém deficitu hráčů našeho souboru ve srovnání s hráči ve studii Botek et al. (2010).

V průběhu letního přípravného období provedli testování koncentrické síly flexorů a extenzorů Cotte a Chatard (2011) u profesionálních hráčů anglické ligy (n=14, průměrný věk 24,9±5,6). Hráči byli rozděleni do dvou skupin – hráči hrající a nehrající za národní reprezentaci. Autoři uvádí nejprve jejich průměrné hodnoty (DDK: F=153±30 N·m, E=246±42 N·m; NDK: F=151±31 N·m, E=240±41 N·m) a dále pak jejich porovnání. Hráči nehrající za národní reprezentaci disponovali vyšší úrovní ve všech naměřených hodnotách. Autoři tyto rozdíly objasňují vyšší hmotností hráčů nehrajících za národní reprezentaci. Hodnoty PT dosažené hráči této studie jsou na vyšší úrovni v porovnání s výsledky našeho souboru ve všech měřeních (8-14 %), což je s největší pravděpodobností způsobeno vyšší hmotností, protože v porovnání hodnot relativního PT se výsledky téměř shodují.

Izokinetickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu u profesionálních tureckých fotbalistů (n=14, průměrný věk 25,8±3,9, resp. 26,3±3,9) a její změny po 24 týdnech fotbalové sezóny sledovali Eniseler et al. (2012). Hodnoty PT při rychlosti 60°·s<sup>-1</sup> se mezi měřeními signifikantně nezměnily (DDK: F<sub>1</sub>=150,49±19,92 N·m; F<sub>2</sub>=177,97±64,84 N·m; DDK: E<sub>1</sub>=272,72±38,98 N·m; E<sub>2</sub>=253,03±42,16 N·m; NDK: F<sub>1</sub>=148,24±15,30 N·m; F<sub>2</sub>=158,86±40,39 N·m; NDK: E<sub>1</sub>=271,61±38,66 N·m; E<sub>2</sub>=250,93±54,24 N·m; vždy p>0,05). Ke srovnání s naším souborem můžeme použít výsledky prvního (před přípravným obdobím) a třetího (po skončení soutěže) měření. Velké rozdíly můžeme nalézt jak v síle flexorů (u našich hráčů až o 22 % nižší hodnoty PT na DDK po sezóně), tak i extenzorů kolene (u našich hráčů až o 20 % nižší hodnoty PT na DDK i NDK před sezónou). Hráči ve studii Eniseler et al. neabsolvovali žádný speciální silový trénink nad rámec běžných fotbalových tréninků, stejně jako hráči našeho souboru. Výsledky naznačují, že specifický fotbalový trénink v kombinaci s přípravnými a soutěžními utkáními nezpůsobuje signifikantní změny v izokinetické síle flexorů a extenzorů kolenního kloubu v nízkých úhlových rychlostech pohybu.

Gioftsidou et al. (2008) zkoumali vliv izokinetického tréninkového programu (2 měsíce, 3 x týdně) na koncentrickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu u řeckých fotbalistů (n=68, průměrný věk 24,1±5,7). Speciální izokinetický trénink podstoupilo 27 hráčů výzkumného souboru, zbylých 41 hráčů tvořilo kontrolní skupinu. U hráčů tréninkové skupiny došlo k signifikantním změnám v síle flexorů a extenzorů na PDK i LDK (PDK: F<sub>1</sub>=154,9±26,1 N·m, F<sub>2</sub>=169,8±19,4 N·m; E<sub>1</sub>=232,6±31,2 N·m; E<sub>2</sub>=246,6±21,5 N·m; LDK: F<sub>1</sub>=156,5±27,1 N·m; F<sub>2</sub>=170,7±19,2 N·m; E<sub>1</sub>=231,8±31,9

$N \cdot m$ ;  $E_2=243,3 \pm 16,8 N \cdot m$ ; vždy  $p < 0,05$ ). Je patrné, že u hráčů tréninkové skupiny došlo nejen ke zvýšení průměrných hodnot PT, ale i ke snížení směrodatné odchylky. Studie ukazuje, že prostřednictvím izokinetického tréninku je možné zvýšit úroveň síly flexorů a extenzorů kolene, a tím redukovat silové deficity a dysbalance mezi těmito svalovými skupinami. Ve srovnání s výsledky našeho souboru dosahovali řečtí hráči (jak tréninkové, tak kontrolní skupiny) vyšších hodnot PT v obou měřeních (v průměru o 10-20 %). Tento rozdíl je možné přisuzovat nižšímu věku (přibližně o 6 let) našich hráčů.

Výsledky studie Lehnert et al. (2011), uskutečněné na konci soutěžního období u kategorie U18 ( $n=15$ ), získané v koncentrickém režimu (DDK:  $F=132,0 \pm 20,0 N \cdot m$ ,  $E=225,8 \pm 36,4 N \cdot m$ , NDK:  $F=129,6 \pm 19,5 N \cdot m$ ,  $E=216,2 \pm 34,7 N \cdot m$ ) ukazují na srovnatelný stav silové připravenosti obou souborů. Jedná se ale o srovnání s nižší věkovou kategorií.

Koncentrickou silou extenzorů u hráčů první belgické divize ( $n=57$ , průměrný věk  $27,2 \pm 3,2$ ) se zabývali také Malliou et al. (2003). Testování bylo uskutečněno ve třech obdobích – na konci soutěžního období (DDK= $233,8 \pm 26,9 N \cdot m$ , NDK= $230,9 \pm 25,0 N \cdot m$ ), po přechodném období (DDK= $234,0 \pm 30,0 N \cdot m$ , NDK= $277,7 \pm 28,5 N \cdot m$ ) a po ukončení přípravného období (DDK= $228,8 \pm 22,5 N \cdot m$ , NDK= $222,5 \pm 33,5 N \cdot m$ ). Vzhledem k tomu, že se jedná o srovnání se starší kategorií, disponují naši hráči nižší úrovní síly (5-20 %) extenzorů na DDK i NDK ve srovnatelných obdobích RTC. Nabízí se zde taktéž srovnání dynamiky změn hodnot PT po absolvování přípravného období. U hráčů studie Malliou et al. došlo po přípravném období k mírnému poklesu hodnot PT extenzorů (2 %) na obou dolních končetinách, zatímco u našich hráčů byl pozorován pokles hodnot PT extenzorů na NDK (4 %), ale stagnace hodnot PT extenzorů na DDK.

Další studii zaměřenou na izokinetickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu provedli Malý et al. (2010) u mladých fotbalistů ( $n=12$ , průměrný věk  $17,5 \pm 1,5$ ) v pěti rychlostech ( $60^\circ \cdot s^{-1}$ ,  $120^\circ \cdot s^{-1}$ ,  $180^\circ \cdot s^{-1}$ ,  $240^\circ \cdot s^{-1}$  a  $300^\circ \cdot s^{-1}$ ) na konci přípravného období. Autoři ve výsledcích uvádí relativní PT. Výrazně nižších hodnot dosáhli naši hráči jak v extenzi při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  (DDK:  $3,54 N \cdot m \cdot kg^{-1}$  vs.  $2,96 N \cdot m \cdot kg^{-1}$ ; NDK:  $3,34 N \cdot m \cdot kg^{-1}$  vs.  $2,81 N \cdot m \cdot kg^{-1}$ ), tak ve flexi při stejné rychlosti (DDK:  $1,98 N \cdot m \cdot kg^{-1}$  vs.  $1,80 N \cdot m \cdot kg^{-1}$ ; NDK:  $1,98 N \cdot m \cdot kg^{-1}$  vs.  $1,74 N \cdot m \cdot kg^{-1}$ ). I tato studie ukazuje na nízkou úroveň síly testovaných svalových skupin u hráčů našeho souboru.

## Diskuse k výsledkům PT bez ohledu na RTC

Dostupných studií, které testovaly izokinetickou sílu s ohledem na různé období ročního tréninkového cyklu není mnoho. Byla však uskutečněna řada studií, zabývajících se vlivem věku, doby věnované tréninku a výkonnostní úrovně, hráčské funkce a případně způsobu rozcvičení před samostatným testováním na úroveň izokinetické síly. Pro srovnání s těmito studiemi jsme hodnoty výsledků z naší studie ze všech měření zprůměrovali ( $DDK_{CON}$ :  $F=136,9\pm 20,7$  N·m,  $E=216,7\pm 34,6$  N·m,  $NDK_{CON}$ :  $F=130,2\pm 19,9$  N·m,  $E=213,7\pm 31,8$  N·m;  $DDK_{ECC}$ :  $F=149,4\pm 30,9$  N·m,  $E=263,2\pm 59,7$  N·m,  $NDK_{ECC}$ :  $F=128,5\pm 30,8$  N·m,  $E=248,0\pm 67,7$  N·m).

Dobry (2005) poukazuje na trendy ve vývoji maximální svalové síly ve vztahu k věku, kdy maximální síla u chlapců od 14. roku výrazně akceleruje až do 19 let. Tento trend potvrzují i studie izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu u mladých fotbalistů a basketbalistů prostřednictvím sledování parametru PT (Gerodimos et al., 2003; Iga, George, Lees, & Reilly, 2009; Kellis et al., 2001; Lehnert et al., 2011; Mota et al., 2010).

Cerrah et al. (2011) zkoumali koncentrickou sílu flexorů a extenzorů kolene na DDK u hráčů fotbalu, které rozdělili na dvě skupiny – profesionální hráči ( $n=14$ , průměrný věk  $22,5\pm 2,8$ ) a amatérští hráči ( $n=17$ , průměrný věk  $23,2$ ). Svalová síla flexorů byla vyšší u profesionálních hráčů než u amatérských ( $PT=170,4\pm 37,0$  N·m vs.  $PT=152,0\pm 25,0$  N·m), zatímco svalová síla extenzorů byla u obou skupin velmi podobná s mírnou převahou pro amatérské hráče ( $PT=205,1\pm 28,0$  N·m vs.  $PT=205,7\pm 32,0$  N·m). Naši hráči disponují nižší silou flexorů až o 20 % a naopak vyšší silou extenzorů o 5 % ve srovnání s oběma skupinami.

Podle tréninkové zkušenosti testovali Fousekis et al. (2010) koncentrickou i excentrickou sílu flexorů a extenzorů kolena u hráčů třetí řecké divize ( $n=100$ , průměrný věk  $23,6\pm 4,2$ ). Autoři hráče rozdělili na 3 skupiny podle doby věnované tréninku: 5-7 let ( $n=34$ ), 8-10 let ( $n=30$ ) a více jak 11 let ( $n=36$  let). Nejvyšších hodnot všech ukazatelů dosahovala skupina s tréninkovou zkušeností 8-10 let ( $DDK_{CON}$ :  $F=141\pm 24$  N·m,  $E=251\pm 42$  N·m,  $NDK_{CON}$ :  $F=140\pm 26$  N·m,  $E=245\pm 36$  N·m,  $DDK_{ECC}$ :  $F=189\pm 44$  N·m,  $E=325\pm 53$  N·m,  $NDK_{ECC}$ :  $F=193\pm 39$  N·m,  $E=314\pm 52$  N·m). Tato skupina tréninkovou zkušeností odpovídá našemu souboru. Hráči naší studie dosahovali

nižších hodnot flexorů a extenzorů v koncentrickém i excentrickém režimu na DDK i NDK.

Koncentrickou sílu flexorů a extenzorů u hráčů první belgické divize (n=57) v přípravném období testovali i Lehance et al. (2009). Autoři rozdělili hráče dle věku na tři skupiny – PRO (n=19, průměrný věk 26,1±3,5), U21 (n=20, průměrný věk 19,5±1,6) a U17 (n=18, průměrný věk 15,7±0,8). Průměrné hodnoty PT flexorů a extenzorů u skupiny PRO (F=136,8±34,1 N·m; E=224,2±38,8 N·m), U21 (F=147,1±23,4 N·m; E=231,7±30,4 N·m), U17 (F=128,1±18,8 N·m; E=194,7±23,6 N·m) ukazují na nižší úroveň (7 %) koncentrické síly extenzorů u hráčů naší studie (dosažené v prvním měření) ve srovnání s kategorií U21. Hodnoty PT flexorů jsou u našeho souboru taktéž nižší (8 %) ve srovnání se skupinou U21 a srovnatelné se skupinou U17, což ukazuje na nízkou úroveň síly příslušných svalových skupin u našeho souboru.

Papaevangelou et al. (2012) provedli testování izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu u řeckých fotbalistů, které rozdělili do třech skupin: profesionální hráči (n=29, průměrný věk 27,1±3,8), U21 (n=26, průměrný věk 19,8±0,7) a (n=22, průměrný věk 16,8±0,7). Srovnání se skupinou U21, která je věkově nejbližší našemu souboru, ukazuje na nižší sílu testovaných svalů u našeho souboru (10 % ve flexi i extenzi).

Studii s ohledem na hráčské funkce provedli Tourny-Chollet et al. (2000), kteří testovali sílu flexorů a extenzorů kolena v koncentrickém i excentrickém režimu u amatérských hráčů fotbalu (n=21, průměrný věk 22,0±3,0) francouzské čtvrté divize (DDK<sub>CON</sub>: F=101,7±23,0 N·m, E=153,8±31,3 N·m, NDK<sub>CON</sub>: F=96,7±19,7 N·m, E=152,0±33,0 N·m, DDK<sub>ECC</sub>: F=123,5±29,9 N·m, E=196,5±47,9 N·m, NDK<sub>ECC</sub>: F=117,9±26,6 N·m, E=199,2±42,7 N·m). U útočníků byla zaznamenána vyšší úroveň koncentrické síly než u středových hráčů. Naši hráči dosahovali ve všech ukazatelích vyšších hodnot, což může být způsobeno jejich vyšší výkonnostní úrovní.

Studie Bamac et al. (2008) nabízí srovnání izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu našeho souboru s basketbalisty (n=20, průměrný věk 23,6±0,7) a volejbalisty (n=20, průměrný věk 19,6±0,5). Ve výsledcích studie byla vyhodnocena pouze síla testovaných svalů na DDK. Hráči basketbalu a volejbalu dosáhli velmi podobných hodnot PT (Basketbalisti: F=124,6±1,5 N·m, E=246,5±0,5 N·m;

Volejbalisti:  $F=127,4\pm 0,4$  N·m,  $E=247,3\pm 0,6$  N·m). Naši hráči disponovali vyšší silou flexorů (9 %) a nižší silou extenzorů (14 %).

Na základě testování mladých mužů ( $n=438$ , průměrný věk  $19,1\pm 1,9$ ) vytvořil Lategan (2011) tabulku normativních hodnot izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu. Výsledky testování našeho souboru spadají do oblasti percentilu 25 a méně ( $F=140,0$  N·m,  $E=213,8$  N·m), což ukazuje na velmi nízké silové dispozice našeho souboru.

Ačkoliv pro hráče fotbalu není potřebná co nejvyšší úroveň síly dolních končetin (Malliou et al., 2003), tak je z uvedených srovnání patrné, že svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu hráčů našeho souboru je na velmi nízké úrovni. Otázkou je, jak velký vliv by mělo její případné zvýšení na herní výkon v utkání fotbalu.

V souhrnu uvedená porovnání naznačují, že hráči naší studie zatím nedosahují úrovně síly dospělých hráčů, což může poukazovat na potřebu nadále zvyšovat tréninkové zatížení než bude dosaženo požadovaných adaptací. Jak již bylo uvedeno, trénink síly byl zřejmě ve sledovaných obdobích nedostatečný. Odlišnosti nalezené v porovnání s uvedenými studii mohou být ovlivněny metodikou testování, jako například typem použitého izokinetického dynamometru, metodou gravitační korekce, testovací polohou a fixací, verbálním povzbuzováním a testovacím obdobím.

### **Diskuse k výsledkům $H/Q_{KON}$ , $H/Q_{FUN}$ a $H/Q_{FUN_{10-30}}$ s ohledem na RTC**

Svalové dysbalance mezi kolenními flexory a extenzory u fotbalistů jsme hodnotili pomocí konvenčního ( $H/Q_{KON}$ ) a funkčních ( $H/Q_{FUN}$  a  $H/Q_{FUN_{10-30}}$ ) poměrů, jak doporučuje literatura (Ayala et al., 2012; Houweling, Head, & Hamzeh, 2009; Lehance et al., 2009, Kannus, 1994).

Podle Dauty et al. (2003) poukazuje  $H/Q_{KON}$  na svalovou dysbalanci, zatímco  $H/Q_{FUN}$  navíc vyjadřuje schopnost flexorů kolene stabilizovat kolenní kloub v extenzích. Hodnoty  $H/Q_{FUN}$  navíc poukazují na výskyt předchozích zranění, kdežto hodnoty  $H/Q_{KON}$  ne (Dauty et al., 2003; Forbes et al., 2009). Jako hraniční hodnota pro posouzení rizika zranění hamstringů a kolenního kloubu byla stanovena hodnota 0,6 pro  $H/Q_{KON}$  a 0,7 pro  $H/Q_{FUN}$  (Ayala et al., 2012; Dauty et al., 2003; Yeung et al., 2009).

Hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru se u našich fotbalistů nacházely ve všech měřeních nad stanovenou hranici 0,6 (60 %), což nepoukazuje na zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu v důsledku dysbalancí mezi kolenními flexory a extenzory. Hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru, které dosáhl námi sledovaný soubor fotbalistů na DDK, se pohybují na hranici 0,7 (70 %), což je v literatuře považováno za dostatečnou hodnotu (Dauty et al., 2003). Nižší hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru v jednotlivých měřeních byly zaznamenány na NDK (první měření: 0,63; druhé měření: 0,59; třetí měření: 0,58), což poukazuje na vyšší míru dysbalance mezi silou kolenních flexorů a extenzorů a tedy narušení dynamické stabilizace kolenního kloubu v extenzích kolene na NDK.

Longitudinálních studií, které by se zabývaly změnami konvenčního či funkčního  $H/Q$  poměru v průběhu RTC, není mnoho. Můžeme však porovnat některé hodnoty z našeho měření s již výše zmíněnou nedávnou studií Eniseler et al. (2012), která sledovala změny v síle kolenních flexorů a extenzorů, a poměr  $H/Q_{KON}$  u profesionálních fotbalistů Turecké extraligy, a to na začátku ( $n=14$ , průměrný věk =  $25,8 \pm 3,9$ ) a na konci ( $n=14$ , průměrný věk =  $26,3 \pm 3,9$ ) 24 týdenní letní fotbalové sezóny. Při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  došlo u hráčů během stanoveného období k nárůstu hodnot  $H/Q_{KON}$  z 55 % na 63 % na DDK a z 56 % na 61 % na NDK. Stejně jako u námi sledovaného souboru nedošlo při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$  k významným změnám dysbalance sil kolenních flexorů a extenzorů ve vybraném období. Hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru byly u našich hráčů na srovnatelné či vyšší úrovni. Studie však prokázala významné změny  $H/Q_{KON}$  poměru při testování ve vyšších úhlových rychlostech. Autoři tyto změny zdůvodňují samotným charakterem zatížení svalů stehen při fotbalových akcích během tréninků i utkání, kde se většina pohybů v koleni odehrává ve vysokých rychlostech a síla během těchto rychlých pohybů je tak častěji stimulovaná, což vede k neurální adaptaci daných svalů (především v počátečních fázích tréninkového procesu). Podle autorů lze dysbalance mezi flexory a extenzory kolene korigovat pomocí správně sestaveného tréninkového plánu, ve kterém by měl být zahrnut také cílený silový trénink hamstringů.

### **Diskuse k výsledkům $H/Q_{KON}$ , $H/Q_{FUN}$ a $H/Q_{FUN_{10-30}}$ bez ohledu na RTC**

Byla uskutečněna řada studií, které se zabývají hodnocením  $H/Q$  poměrů, získaných prostřednictvím izokinetické dynamometrie, ve vztahu k prevenci zranění,



únavě a věku. Pro porovnání s těmito studiemi jsme hodnoty výsledků z naší studie ze všech měření zprůměrovali (DDK:  $H/Q_{KON}=0,64\pm 0,09$ ;  $H/Q_{FUN}=0,70\pm 0,15$ ; NDK:  $H/Q_{KON}=0,62\pm 0,11$ ;  $H/Q_{FUN}=0,60\pm 0,11$ ).

Lehance et al. (2009) sledovali ve své studii také hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru v přípravném období, což nám umožňuje komparovat tyto výsledky s hodnotami získanými ve druhém měření naší studie. Autoři provedli izokinetické testování u fotbalistů Belgické první divize ( $n=57$ ), kteří byli rozděleni do 3 skupin podle věku: PRO ( $n=19$ , průměrný věk  $26,1\pm 3,5$ ), U21 ( $n=20$ , průměrný věk  $19,5\pm 1,6$ ) a U17 ( $n=18$ , průměrný věk  $15,7\pm 0,8$ ). Při stejné úhlové rychlosti dosáhli naši hráči obdobných hodnot  $H/Q_{KON}$  poměru jako skupina U17 a lepších výsledků než kategorie PRO a U21.

Na konci soutěžního období provedli izokinetické testování síly u hráčů fotbalu ( $n=95$ ) také Cometti et al. (2001). Celý soubor byl rozdělen do třech skupin podle výkonnostní úrovně: „First Division“ ( $n=29$ , průměrný věk  $26,1\pm 4,3$ ), „Second Division“ ( $n=34$ , průměrný věk  $23,2\pm 5,6$ ) a „Amateur“ ( $n=32$ , průměrný věk  $25,8\pm 3,9$ ). Pro vyhodnocení byly mimo jiné zvoleny parametry  $H/Q_{KON}$  a  $H/Q_{FUN}$ . Amatérští hráči dosáhli výrazně nižších hodnot obou  $H/Q$  poměrů než profesionální hráči z prvních dvou skupin („First Division“ a „Second Division“). Ve srovnání s profesionálními hráči této studie dosáhli naši hráči v odpovídajícím období (třetí měření) přibližně stejných hodnot  $H/Q_{KON}$  ( $0,65$ ) a o  $0,1$  nižších hodnot  $H/Q_{FUN}$ , což bylo zřejmě způsobeno nižší excentrickou silou flexorů našich hráčů.

Malý et al. (2010) sledovali u mladých fotbalistů ( $n=12$ , průměrný věk  $17,5\pm 1,5$ ) po skončení soutěžního období kromě parametru PT (viz výše) také ipsilaterální  $H/Q_{KON}$  poměr. Hráči našeho souboru dosáhli ve stejném období RTC výrazně vyšších hodnot  $H/Q_{KON}$  poměru na DDK ( $0,65\pm 0,09$  vs.  $0,56\pm 0,05$ ) a mírně vyšších hodnot na NDK ( $0,61\pm 0,11$  vs.  $0,59\pm 0,07$ ).

Fousekis et al. (2010) provedli testování izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu u fotbalistů ( $n=100$ , průměrný věk  $23,6\pm 4,2$ ), které rozdělili do třech skupin podle délky doby profesionálního tréninku („professional training age“, dále PTA): PTA 5-7 let:  $n=34$ , průměrný věk  $20,8\pm 0,8$ ; PTA 8-10 let:  $n=30$ , průměrný věk  $24,3\pm 1,0$ ; PTA >10 let:  $n=36$ , průměrný věk  $29,6\pm 2,9$ . Sledovanými parametry byly mimo jiné i  $H/Q_{KON}$  a  $H/Q_{FUN}$  poměr při rychlosti  $60^\circ \cdot s^{-1}$ . Výsledky studie ukazují, že

hodnoty obou H/Q poměrů se zvyšují s narůstající dobou profesionálního tréninku. Hodnoty H/Q<sub>KON</sub> poměru byly u hráčů našeho souboru, ve srovnání se všemi skupinami uvedené studie, vyšší (0,03-0,09) na obou dolních končetinách. H/Q<sub>FUN</sub> poměr byl u našich hráčů na nižší úrovni (0,08-0,26), což je zřejmě způsobeno nižší excentrickou silou hamstringů (123,0-153,4 N·m vs. 184,0-203,0 N·m).

Jednorázově sledovali poměr H/Q<sub>FUN</sub> také Kellis et al. (2001), a to u fotbalistů Řecké amatérské fotbalové asociace ve věkových kategoriích od U10 do U18 (n=158; průměrný věk=13,2±2,1). Při úhlové rychlosti 60°·s<sup>-1</sup> dosahovali hráči této studie výrazně vyšších hodnot H/Q<sub>FUN</sub> poměru ve všech věkových kategoriích než námi sledovaný soubor, hodnoty se zde pohybovaly na DDK od 79 % do 94 % a na NDK od 76 % do 129 %. Důvodem takto vysokých hodnot může být nízká síla extenzorů kolenního kloubu u sledovaného souboru (síla flexorů přesáhla sílu extenzorů). Ve studii nebyla potvrzena významná závislost H/Q<sub>FUN</sub> poměru na věku probandů.

Izokinetickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu, u dvou českých profesionálních fotbalových týmů (n<sub>1</sub>=22, průměrný věk<sub>1</sub> 24,8±4,7; n<sub>2</sub>=18, průměrný věk<sub>2</sub> 23,9±4,4) různé výkonnostní úrovně, testovali Malý et al. (2011). Pro vyhodnocení byl mimo jiné použit H/Q<sub>KON</sub> poměr. Ve srovnání s hráči této studie dosáhli hráči našeho souboru vyšších hodnot H/Q<sub>KON</sub> (0,64 vs. 0,60, resp. 0,64 vs. 0,61). Tento rozdíl byl zřejmě způsoben nižší silou (14 %) extenzorů kolenního kloubu našich hráčů.

Camarda a Denadai (2012) zkoumali závislost svalových dysbalancí na specifické únavě u fotbalistů prostřednictvím H/Q<sub>KON</sub> a H/Q<sub>FUN</sub> poměru. Výzkumný soubor (n=21, průměrný věk 23,2±3,5) byl rozdělen na dvě skupiny podle hodnoty H/Q<sub>KON</sub> poměru (hranice pro rozdělení 0,6). Autoři zjistili, že efekt únavy, vyvolané specifickým laboratorním fotbalovým cvičením, na H/Q poměry je závislý na úrovni svalové vyváženosti. U skupiny s H/Q<sub>KON</sub> poměrem vyšším než 0,6 došlo k signifikantnímu poklesu hodnot H/Q<sub>KON</sub> i H/Q<sub>FUN</sub> po specifickém zatížení, zatímco u skupiny s H/Q<sub>KON</sub> poměrem nižším než 0,6 došlo k nesignifikantnímu poklesu obou H/Q poměrů. Naši hráči dosáhli nižších hodnot H/Q<sub>FUN</sub> než hráči studie Camarda a Denadai (2012) ve všech měřeních, a to i ve srovnání s výsledky měření provedeném po absolvování specifického zatížení.

Cheung et al. (2012) provedli porovnání izokinetického  $H/Q_{KON}$  poměru mezi skupinou fotbalistů ( $n=23$ , průměrný věk  $22,2\pm 1,8$ ; „field players“, dále FP) a skupinou volejbalistů a basketbalistů ( $n=17$ , průměrný věk  $22,6\pm 1,4$ ; „court players“, dále CP). Autoři vycházeli z předpokladu, že nároky na svalovou sílu jsou sportovně specifické a vyvolávají odlišné neuromuskulární adaptace u sportovců. Skupina FP dosáhla vyšších hodnot  $H/Q_{KON}$  poměru na DDK ( $0,63\pm 0,07$  vs.  $0,53\pm 0,07$ ) i NDK ( $0,58\pm 0,08$  vs.  $0,57\pm 0,12$ ) než skupina CP. Výsledky našeho souboru jsou v porovnání se skupinou FP (tedy s hráči fotbalu) srovnatelné na DDK ( $0,64\pm 0,09$  vs.  $0,63\pm 0,07$ ) a vyšší na NDK ( $0,63\pm 0,11$  vs.  $0,58\pm 0,08$ ).

Srovnání  $H/Q_{KON}$  a  $H/Q_{FUN}$  poměrů mezi fotbalisty ( $n=21$ , průměrný věk  $22,0\pm 3,0$ ) a nespportovci ( $n=11$ , průměrný věk  $22,9\pm 2,1$ ) provedli Tourny-Chollet a Leroy (2002). Nespportovci dosáhli vyšších hodnot  $H/Q_{KON}$  při rychlosti  $60^\circ\cdot s^{-1}$  než hráči fotbalu na DDK ( $0,68$  vs.  $0,66$ ) i NDK ( $0,67$  vs.  $0,64$ ). Také hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru byly vyšší u nespportovců na DDK ( $0,93$  vs.  $0,80$ ) i NDK ( $0,93$  vs.  $0,79$ ). Hráči našeho souboru dosáhli ještě nižších hodnot obou poměrů než nespportovci ze studie Tourny-Chollet a Leroy.

Ayala et al. (2012) jako první stanovili funkční  $H/Q$  poměr pomocí hodnot momentu síly ve specifických úhlech blízkých plné extenzi ( $10^\circ$ ,  $20^\circ$  a  $30^\circ$  kolenní flexe) a pomocí průměrných hodnot momentu síly ve specifickém rozsahu pohybu v blízkosti plné extenze ( $0-10^\circ$ ,  $11-20^\circ$ ,  $21-30^\circ$  a  $0-30^\circ$  kolenní flexe). Ve své studii provedli ověření reliability takto vypočtených funkčních  $H/Q$  poměrů, přičemž testování bylo provedeno, na rozdíl od naší studie, v pozici vleže. Testování podstoupilo celkem 50 rekreačních sportovců (26 mužů, průměrný věk  $21,3\pm 2,5$ ; 24 žen, průměrný věk  $20,4\pm 1,8$ ). Výsledky ukazují na pouze střední reliabilitu a vysokou variabilitu jednotlivých měření. Srovnání s podobnou studií není možné, protože se jedná o první práci svého druhu.

Hráči našeho souboru dosáhli v jednotlivých měřeních v průběhu RTC poměrně vysokých hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  poměru (1. měření: DDK= $1,64\pm 0,30$ ; NDK= $1,49\pm 0,27$ ; 2. měření: DDK= $1,45\pm 0,28$ ; NDK= $1,31\pm 0,31$ ; 3. měření: DDK= $1,60\pm 0,39$ ; NDK= $1,34\pm 0,33$ ). Naměřené hodnoty ukazují na dostatečnou sílu hamstringů stabilizovat kolenní kloub v počátečních fázích extenze a tím snižovat napětí LCA.

## **Doporučení pro tréninkovou praxi**

Na základě hlubší analýzy tréninkového zatížení hráčů našeho souboru v průběhu RTC můžeme konstatovat, že zvolený tréninkový program nevedl k progresu svalové síly dolních končetin. Trenérům lze pro tréninkovou praxi doporučit:

- zařadit aspoň 1 x týdně trénink maximální síly stehenních svalů do tréninkového procesu,
- věnovat zvýšenou pozornost tréninku síly hamstringů v koncentrickém i excentrickém režimu svalové kontrakce u hráčů s  $H/Q_{KON}$  a  $H/Q_{FUN}$  poměrem pod hraniční hodnotou (0,6; resp. 0,7)
- respektovat protichůdné reakce organismu na zátěž při souběžném tréninku vytrvalosti, rychlosti a síly společně s tréninkem techniky a taktiky,
- zařadit do tréninkového procesu více regeneračních procedur a včasné detekovat projevy zvýšené únavy u jednotlivých hráčů,
- provádět pravidelnou diagnostiku svalové síly především před začátkem přípravného a soutěžního období s cílem eliminovat riziko vzniku případného svalového zranění.

## **Limity studie a podněty pro budoucí studie**

Limity této studie spatřujeme především v malém rozsahu testovaného souboru a délce sledování hráčů. Sledování hráčů z dlouhodobějšího hlediska, například celoročního, může přinést komplexnější náhled na zatěžování hráčů, což by pro tréninkovou praxi bylo velmi přínosné. Některé studie prokázaly významné změny H/Q poměrů naměřených při vysokých úhlových rychlostech pohybu v průběhu RTC. Měření izokinetické síly ve vysokých úhlových rychlostech pohybu se jeví jako vhodné pro využití v budoucích studiích.

## 7 ZÁVĚRY

1. V průběhu sledovaných období RTC došlo ke statisticky významnému zvýšení hodnot PT pouze u extenzorů na NDK v koncentrickém režimu.
2. Při hodnocení dysbalance sil kolenních flexorů a extenzorů pomocí  $H/Q_{KON}$  a  $H/Q_{FUN}$  poměru nedošlo u sledovaného souboru fotbalistů k jejím signifikantním změnám ve vybraných obdobích RTC.
3. Hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru se ve všech měřeních na DDK i NDK nacházely nad hraniční hodnotou (0,6), což neukazuje na zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu.
4. Hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru se na DDK pohybovaly v průběhu RTC na stanovené hranici (0,7). Na NDK byly hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru ve všech měřeních pod stanovenou hranicí, což poukazuje na nedostatečnou schopnost hamstringů stabilizovat kolenní kloub v extenzích a tedy zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu.
5. Byl nalezen statisticky významný pokles hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK mezi prvním a druhým měřením.
6. Zjištěné hodnoty svalové síly a jejich komparace s výsledky obdobných studií ukazují na nedostatky v tréninku síly u sledovaných hráčů.
7. Výsledky studie umožnily posoudit změny svalové síly dolních končetin a na základě hlubší zpětné analýzy byla formulována doporučení pro tréninkovou praxi: zařadit aspoň 1 x týdně trénink maximální síly stehenních svalů do tréninkového procesu, věnovat zvýšenou pozornost tréninku síly hamstringů v koncentrickém i excentrickém režimu svalové kontrakce u rizikových hráčů a zvýšit objem regeneračních procedur v rámci tréninkového procesu.

## 8 SOUHRN

Cílem práce je posoudit z výkonnostního a zdravotního hlediska dynamiku změn izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu na začátku zimního přípravného období, po skončení zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období u fotbalistů kategorie U19.

Teoretická část práce pojednává o síle, která je důležitým kondičním faktorem ovlivňujícím herní výkon v utkání fotbalu. Poznatky z oblasti sportovního tréninku ve fotbale zahrnují informace o tréninku síly, periodizaci ročního tréninkového cyklu a diagnostice, která je zaměřena na testování síly dolních končetin s využitím izokinetické dynamometrie. Prezentovány jsou taktéž poznatky o zraněních hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA) ve fotbale.

Výzkumná část diplomové práce zahrnuje popis použité metodiky. Sledovaný soubor byl tvořen hráči SK Sigma Olomouc ( $n=9$ , průměrný věk  $18,5\pm 0,4$ ). Testování bylo provedeno na izokinetickém dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). K izokinetickému testování svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla použita úhlová rychlost  $60^\circ\cdot s^{-1}$ . Sledovanými parametry byly PT [N·m],  $H/Q_{KON}$ ,  $H/Q_{FUN}$  a  $H/Q_{FUN_{10-30}}$ . Testování bylo realizováno na začátku zimního přípravného období, po skončení zimního přípravného období a po skončení jarního soutěžního období. Ke stanovení významnosti rozdílů sledovaných parametrů byla použita Friedmanova ANOVA. Významnost rozdílů mezi jednotlivými měřeními byla stanovena pomocí Wilcoxonova párového testu.

Z výsledků práce je patrné, že se izokinetická síla mezi jednotlivými měřeními signifikantně zvyšovala pouze u extenzorů na NDK v koncentrickém režimu. V průběhu RTC nedošlo u sledovaného souboru fotbalistů k významným změnám  $H/Q_{KON}$  ani  $H/Q_{FUN}$  poměru. Byl zjištěn statisticky významný pokles hodnot  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK mezi prvním a druhým měřením. Hodnoty  $H/Q_{KON}$  poměru se ve všech měřeních na DDK i NDK nacházely nad hraniční hodnotou (0,6), což neukazuje na zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu. Hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru se na DDK pohybovaly ve všech měřeních těsně kolem zvolené hranice (0,7), zatímco na NDK se hodnoty  $H/Q_{FUN}$  poměru nacházely ve všech měřeních pod stanovenou hranicí,

což poukazuje na nedostatečnou schopnost hamstringů stabilizovat kolenní kloub v extenzích a tím zvýšené riziko zranění hamstringů měkkých struktur kolenního kloubu.

## 9 SUMMARY

The aim of this thesis was to evaluate dynamic changes in isokinetic muscle strength of the knee flexors and extensors in soccer players U19 at the beginning of the winter preparatory period, after completing winter preparatory period and at the end of the spring competitive period from the performance and health perspective.

Theoretical part of the thesis treats the strength, which is an important fitness factor influencing soccer performance. Knowledge about sport training in soccer includes information about strength training, periodization of the annual training cycle and diagnostics, which is aimed on testing of low extremities muscle strength by the isokinetic dynamometry. There is also presented knowledge about hamstring and soft tissue knee injuries (especially ACL) in soccer.

The research part includes a description about used methodology. Monitored group was composed of soccer players of SK Sigma Olomouc ( $n=9$ , the average age  $18,5\pm 0,4$ ). The testing was performed on the isokinetic dynamometer IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). The angular velocity  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  was used for testing muscle strength of the knee flexors and extensors. Monitored parameters were PT [N·m],  $H/Q_{KON}$ ,  $H/Q_{FUN}$  and  $H/Q_{FUN_{10-30}}$ . The testing took place at the beginning of the winter preparatory period, after completing winter preparatory period and at the end of the spring competitive period. Friedman's ANOVA was used for determination of changes significance of monitored parameters. Moreover Wilcoxon's couple test was used for determination of changes significance between single measurements.

The results of the current study indicate that isokinetic strength increased significantly only in case of knee extensors concentrically in nondominant leg. There were found no significant changes of  $H/Q_{KON}$  and  $H/Q_{FUN}$  ratios during annual training cycle. There were found significant changes of  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  ratio in dominant leg between first and second measurement. Reached  $H/Q_{KON}$  ratio values were detected over the recommended limit (0,6) in all measurements in both dominant and nondominant legs, which does not indicate increased risk of hamstrings and soft tissue knee injury.  $H/Q_{FUN}$  ratio values in dominant leg were detected around the recommended limit value (0,7), whereas  $H/Q_{FUN}$  ratio values in nondominant leg were



detected under the recommended limit. This fact indicates insufficient ability of hamstrings to stabilize knee joint during extension resulting in increased risk of hamstrings and soft tissue knee injury.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Anderson, J. L., Magnusson, S. P., Bojsen-Moller, F., & Dyhre-Poulsen, P. (2000). Antagonist muscle contraction during isokinetic knee extension. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport*, 10, 58-67. Retrieved 28. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=844b21ab-510d-4e69-aed4-20dcc7b922c7%40sessionmgr110&vid=1&hid=117>
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318-1326. Retrieved 30. 3. 2013 from MEDLINE database on the World Wide Web: <http://jap.physiology.org/content/93/4/1318.full.pdf+html>.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G., Silvers, J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17, 705-729. Retrieved 27. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f31b66ce-a644-4512-ac6b-0eea33fa321a%40sessionmgr112&vid=1&hid=117>
- Asami, T., & Nolte, V. (1983). Analysis of powerful ball kicking. In H. Matsui, & K. Kobayashi, *Biomechanics VIII-B* (pp. 695-700). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244-250. Retrieved 21. 1. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=3a8691bf-f8f5-45cd-86c9-da6ed6d7fbfe%40sessionmgr110&vid=1&hid=117>
- Ayala, F., De Ste Croix, M. B., Sainz de Baranda, P., & Santonja, F. (2012). Absolute Reliability of Hamstring to Quadriceps Strength Imbalance Ratios Calculated Using

Peak Torque, Joint Angle-Specific Torque and Joint ROM Specific Torque Values. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 1-8.

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.

Baltzopoulos, B., King, M., Gleeson, M., & De Ste Croix, M. B. (2012). The BASES expert statement on measurement of muscle strength with isokinetic dynamometry. *The Sport and Exercise Scientist*, 31, 12-13. Retrieved 27. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=365d7608-c2b0-4868-ad27-cfac8752bec5%40sessionmgr115&vid=1&hid=117>

Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic Dynamometry: Applications and limitations. *Sports Medicine*, 8(2), 101-116.

Bamac, B., Colak, T., Özbek, A., Colak, S., Cinel Y., & Yenigün Ö. (2008). Isokinetic performance in elite volleyball and basketball players. *Kinesiology*, 40(2), 182-188. Retrieved 27. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=364504ec-0753-46a2-8020-33cafacc22efe%40sessionmgr104&vid=1&hid=117>

Bangsbo, J. (1994). Physiological demands. In B. Ekblom, *Football (Soccer)* (pp. 43-59). London: Blackwell Scientific.

Baroni, B. M., Stocchero, C. M. A., Santo, R. C. do E., Ritzel, C. H., & Vaz, M. A. (2011). The effect of contraction type on muscle strength, work and fatigue in maximal isokinetic exercise. *Isokinetics and Exercise Science*, 19, 215-220. Retrieved 27. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2049817f-1d4b-4c87-8f32-e22e0f98e4bb%40sessionmgr110&vid=1&hid=117>

Bompa, T. O. (1999). *Periodization training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Botek, Z., Gába, A., Lehnert, M., Přidalová, M., Vařeková, R., Botek, M., & Langer, F. (2010). Condition and body constitution of soccer players in category U19 before and

after completing a preparatory period. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 40(2), 47-54.

Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in Human Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Brown, L. E. (2007). *Strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Buzek, M., Altman, Z., Bunc, V., Bursová, M., Janák, V., Kocourek, J., Ledvinka, K., Máhrová, A., Plachý, A., Pyšný, L., Šafaříková, J., Šeflová, I., Valášek, L., & Zahálka, F. (2007). *Trenér fotbalu „A“ UEFA licence*. Praha: Olympia.

Camarda, S. R. de A., & Denadai, B. S. (2012). Does muscle imbalance affect fatigue after soccer specific intermittent protocol? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(4), 355-360.

Cerrah, A. O., Gungor, E. O., Soylu, A. R., Ertan, H., Lees, A., & Bayrak, C. (2011). Muscular activation patterns during the soccer in-step kick. *Isokinetics and Exercise Science*, 19, 181-190. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a409ba30-5564-4523-8393-056a2aaccc9d%40sessionmgr104&vid=1&hid=117>

Cochrane, J. L., Lloyd, D. G., Butfield, A., Seward, H., & McGivern, J. (2007). Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 96-104. Retrieved 28. 3. 2013 from ScienceDirect database on the World Wide Web: [http://ac.els-cdn.com/S1440244006001150/1-s2.0-S1440244006001150-main.pdf?\\_tid=cb650486-a29a-11e2-a378-00000aab0f02&acdnat=1365679829\\_5218475889ea99666a86ef322f685fac](http://ac.els-cdn.com/S1440244006001150/1-s2.0-S1440244006001150-main.pdf?_tid=cb650486-a29a-11e2-a378-00000aab0f02&acdnat=1365679829_5218475889ea99666a86ef322f685fac)

Colak, S. (2012). Effects of dynamic stretches on isokinetic hamstring and quadriceps femoris muscle strength in elite female soccer players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 34(2), 15-25. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=4411c4de-9175-458f-ad2c-4d0c77cd6662%40sessionmgr104&vid=1&hid=117>

- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 45-51.
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstrings/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 56-62.
- Cotte, T., & Chatard, J-C. (2011). Isokinetic strength and sprint times in english premier league football players. *Biology of Sport*, 28, 89-94. Retrieved 6. 11. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=72abacc9-4ba3-415f-9eda-fe4b282e6bf1%40sessionmgr115&vid=1&hid=117>
- Croisier, J. L. (2004). Factors Associated with Recurrent Hamstring Injuries. *Sports Medicine*, 34(10), 681-695. Retrieved 28. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c567b46d-b748-4723b3be17bb5f0668b0%40sessionmgr104&vid=1&hid=117>
- Croisier, J. L., Reveillon, V., Ferret, J. M., Cotte, T., Genty, M., Popovich, M., Filho, M., Faryniuk, J. M., Ganteaume, S., & Crielaard, J. M. (2003). Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players [Abstract]. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 61-62. Retrieved 22. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f371f020-ea7e-4038-a84e-213b354f8df7%40sessionmgr198&vid=1&hid=117>
- Čelíkovský, S., Blahuš, P., Chytráčková, J., Kasa, J., Kohoutek, M., Kovář, R., Měkota, K., Stráňai, K., Štěpnička, J., & Zaciorskij, V. M. (1979). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: SPN.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing.
- Dauty, M., Potiron, M., & Rochcongar, P. (2003). Identification of previous hamstring injuries by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 139-144. Retrieved 1. 6. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer>

/pdfviewer?sid=3d8ccbbb-6a43-45ef-b29d-abfd8769a97e%40sessionmgr111&vid=1&hid=117

- De Ste Croix, M. B. (2007). Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 292-304.
- 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. Retrieved 3. 4. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=9ba7dc0a-d9fc-4c27-ab4b-c0dc0611183f%40sessionmgr110&vid=1&hid=117>
- Dobry, L. (2005). Vývoj svalové síly v průběhu dětství a dospívání. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 71(3), 2-10.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3rd ed.). Praha: Olympia.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics (Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications)*. Elsevier Limited.
- Dvir, Z., Eger, G., Halperin, N., & Shklar, A. (1989). Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. *Clinical Biomechanics* 4, 87-91.
- Ekblom, B. (2003). The physiology of football. In J. Ekstrand, J. Karlsson, & A. Hodson, *Football Medicine* (pp. 139-161). London: Taylor & Francis.
- Ekstrand, J. (2003). The risk of injury and injury distribution. In J. Ekstrand, J. Karlsson & A. Hodson. *Football Medicine* (pp. 1-11). London: Taylor & Francis.
- Eniseler, N., Sahan, C., Vurgun, H., & Mavi, H. F. (2012). Isokinetic Strength Responses to Season-long Training and Competition in Turkish Elite Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 159-168. Retrieved 30. 8. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=34546027-732a-4433-85bf-6952ac162823%40sessionmgr111&vid=1&hid=117>
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1987). *Designing resistance training programs*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Forbes, H. A., Sutcliffe, S., Lovell, A., McNaughton, L. R., & Siegler, J. C. (2009). Isokinetic thigh muscle ratio in youth football: effect of age and dominance. *International Journal of Sports Medicine*, 30(8), 602–606.
- Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 709-714. Retrieved 28. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=70d023b2-f8dc-4ee9-a6f6-a920e0675e1d%40sessionmgr113&vid=1&hid=117>
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, V. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 364-373. Retrieved 31. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=505b81d6-0278-44e9-a179-ae37194c0ab9%40sessionmgr112&vid=1&hid=117>
- Frank, G. (2006). *Fotbal 96 tréninkových programů*. Praha: Grada.
- Frisch, A., Urhausen, A., Seil, R., Croisier, J. L., Sundal, T., & Theisen, D. (2011). Association between preseason functional tests and injuries in youth football: A prospective follow-up. *Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, 468-476. Retrieved 20. 1. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=e1939b1c-071d-4be0-8c8b-674666cc340e%40sessionmgr113&vid=1&hid=121>
- Gamble, P. (2010). *Strength and conditioning for team sports: sport-specific physical preparation for high performance*. London; New York, N. Y.: Routledge.
- Gerodimos, V., Mandou, V., Zafeiridis, A., Ioakinidis, P., Stavropoulos, N., & Kellis, S. (2003). Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratio in young basketball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 444-452.
- Gioftsidou, A., Ispirlidis, I., Pafis, G., Malliou, P., Bikos, C., & Godolias, G. (2008). Isokinetic strength training program for muscular imbalances in professional soccer players. *Sport Sciences for Health*, 2, 101-105. Retrieved 31. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/>

pdfviewer?sid=184e5135-dfe0-4d88-8933-64c61e98c604%40sessionmgr114&vid=1  
&hid=117

Golik-Peric, D., Drapsin, M., Obradovic, B., & Drid, P. (2011). Short-term isokinetic training versus isotonic training: effects on asymmetry in strength of thigh muscles. *Journal of Human Kinetics, 30*, 29-35. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ddd38b9c-b208-4691-ae66-8ae2e805fa04%40sessionmgr110&vid=1&hid=121>

Greco, C. C., Da Silva, W. L., Camarda, S. R. A., & Denadai, B. S. (2012). Rapid hamstring/quadriceps strength capacity in professional soccer players with different conventional isokinetic muscle strength ratios. *Journal of Sports Science and Medicine, 11*, 418-422. Retrieved 24. 2. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=60d62b4e-a5c9-4e2e-84f4-15dee7c13f73%40sessionmgr114&vid=1&hid=117>

Guilhem, G., Cornu, C., & Guevel, A. (2010). Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 53*, 319-341. Retrieved 24. 2. 2013 from ScienceDirect database on the World Wide Web: [http://ac.els-cdn.com/S1877065710000898/1-s2.0-S1877065710000898-main.pdf?\\_tid=d2188b20-a035-11e2-8b1c00000aab0f27&acdnat=1365416559\\_6a36df807b296539253dec3149315e33](http://ac.els-cdn.com/S1877065710000898/1-s2.0-S1877065710000898-main.pdf?_tid=d2188b20-a035-11e2-8b1c00000aab0f27&acdnat=1365416559_6a36df807b296539253dec3149315e33)

Hamar, D., & Lipková, J. (2001). *Fyziológia telesných cvičení*. Bratislava: Univerzita Komenského.

Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional Football. *British Journal of Sports Medicine, 35*, 43-47.

Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 12*, 288-295. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=7b1d792b-4916-43c2-b1ef-e8ab85f8d0dd%40sessionmgr113&vid=1&hid=117>



- Hoff, J., & Helgerud J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d2373744-61cc-488c-8941-9c30edcf6f27%40sessionmgr115&vid=1&hid=117>
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-582. Retrieved 31. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=9d88c35f-b7f1-4604-a2fe-158bc9765ee5%40sessionmgr115&vid=1&hid=117>
- Hoffman, J. (2006). *Norms for fitness, Performance, and Health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hogenová, A. (2005). Sport jako fenomén globálního světa. In B. Hodaň, *Tělesná výchova, sport, a rekreace v procesu současné globalizace – Sborník příspěvků z česko-slovensko-polského symposia* (pp. 29-38). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Sdružení sport a věda.
- Houweling, T. A. W., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of Isokinetic testing for previous injury detection in soccer players. *Isokinetic and Exercise Science*, 17(4), 213-220. Retrieved 29. 5. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a0a43e75-2501-49ab-bab6-011152715cec%40sessionmgr112&vid=1&hid=117>
- Houweling, T. A. W., & Hamzeh, M. A. (2010). Does knee joint alignment with the axis of the isokinetic dynamometer affect peak torque. *Isokinetics and Exercise Science*, 18, 217-221. Retrieved 29. 5. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=1b242f98-7116-43c3-b65a-85c4439cb0c2%40sessionmgr104&vid=1&hid=117>
- Hughes, G., & Watkins, J. (2006). A Risk-Factor Model for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Sports Medicine*, 36(5), 411-428.
- Cheung, R. T. H., Smith, A. W., & Wong, D. P. (2012). H:Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *Journal of Human Kinetics*, 33, 63-

71. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=130b4beb-7ee6-487d-b363-a2871b7e9c87%40sessionmgr104&vid=1&hid=117>

Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, A., & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 783-791. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=9053abd5-976d-43bb-bd80-d71008a29ea3%40sessionmgr114&vid=1&hid=117>

Iga, J., George, K., Lees, A., & Reilly, T. (2006). Reliability of assessing indices of isokinetic leg strength in pubertal soccer players. *Pediatric Exercise Science*, 18, 436-445. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=01618e6f-be10-428b-859f-6ecb026d1372%40sessionmgr114&vid=1&hid=117>

Iga, J., George, K., Lees, A., & Reilly, T. (2009). Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19, 714-719. Retrieved 3. 8. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b75f1560-a340-411b-aba6-b4fcc71bbdc7%40sessionmgr113&vid=1&hid=118>

Janura, M. (2004). *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, 15(1), 11-18.

Kellis, S., Gerodimos, V., Kellis, E., & Manou, V. (2001). Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 9, 31-39. Retrieved 31. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=101cbb81-e5cf-4182-9d58-e3695c5443d8%40sessionmgr198&vid=1&hid=117>

- Kim, D., & Hong, J. (2011). Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. *Isokinetics and Exercise Science, 19*, 1-6. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=28873d6f-da27-4239-be03-61bb4a95f3da%40sessionmgr198&vid=1&hid=117>
- Lategan, L. (2011). Isokinetic norms for ankle, knee, shoulder and forearm muscles in young South African men. *Isokinetics and Exercise Science 19*, 23-32. Retrieved 11. 4. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ba690333-288b-4d69-9211-b4346e6e5fe3%40sessionmgr111&vid=1&hid=118>
- 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 Sports, 19*, 243-251. Retrieved 22. 6. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b3d4c35d-79c0-4ec5-8fc8-15f3a5b0db1a%40sessionmgr110&vid=1&hid=117>
- Lehnert, M. (2007). *Současné směry teorie a praxe sportovního tréninku*. Habilitační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku I*. Olomouc: Hanex.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lehnert, M., Urban, J., Procházka, J., & Psotta, R. (2011). Isokinetic strength of knee flexors and extensors of adolescent soccer players and its changes based on movement speed and age. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica, 41*, 45-53.
- Li, R. C., Maffulli, N., Hsu, Y. C., & Chan, K. M. (1996). Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *British Journal of Sports Medicine, 30*, 161-164. Retrieved 22. 6. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/>

ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=4dab05d8-5a89-4f20-8d52-9ae1962bf3a5%40sessionmgr198&vid=1&hid=117

Lohmander, L. S., Englund, P. M., Dahl, L. L., & Roos, E. M. (2007). The long term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1756-1769.

Malliou, P., Ispirlidis, I., Beneka, A., Taxildaris, K., & Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the training period. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 165-169. Retrieved 29. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=cb86a973-9516-474e-a6e8-ae2f039e4915%40sessionmgr113&vid=1&hid=117>

Malý, T., Zahálka, F., & Malá, L. (2010). Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle Torque in knee flexors and extensors in elite young soccer players. *Acta Kinesiologica*, 4(2), 17-23.

Malý, T., Zahálka, F., & Malá, L. (2011). Differences between isokinetic strength characteristics of more and less successful professional soccer teams. *Journal of Physical Education and Sport*, 11(3), 306-312. Retrieved 6. 11. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=955116c8-ba82-4f5e-be85-f89e77af5a71%40sessionmgr113&vid=1&hid=117>

Máček, M., Radvanský, J., Brůnová, B., Daňová, K., Fajstavr, J., Kolář, P., Kraus, J., Krejčí, P., Kučera, M., Máčková, J., Rotman, I., Slabý, K., Šafářová, M., & Zeman, V. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.

Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti - činnosti - výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with Special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21, 519–528. Retrieved 6. 11. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=04868307-8aed-404f-b8cf-e7597f45a8b4%40sessionmgr198&vid=1&hid=117>

- Mota, S., Brito, J., Passos, E., Marques, E., Mota, J., Seabra, A., & Rebelo, A. (2010). Variation of isokinetic strength and bone mineral density in youth Portuguese soccer players with age. *The Open Sports Sciences Journal*, 3, 49-51. Retrieved 22. 7. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=16f763e2-8803-4712-8ce9-2f538b682323%40sessionmgr113&vid=1&hid=118>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000a). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. *Sports Medicine*, 30(2), 79-87. Retrieved 24. 2. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=45c8ce89-6cbb-458e-9f99-c50050ff6377%40sessionmgr198&vid=1&hid=117>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000b). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II. *Sports Medicine*, 30(3), 145-154. Retrieved 24. 2. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=926f7d13-df4c-4fd5-9dcf-a04ddd2ab0be%40sessionmgr111&vid=1&hid=117>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Muscular characteristics of detraining in humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1297-1303.
- Myer, G. D., Ford, K. R., Barber Foss, K. D., Liu, C., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2009). The Relationship of Hamstrings and Quadriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 19(1), 3-8.
- Newman, M. A., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 867-872. Retrieved 21. 8. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f564145d-ee47-4f8e-a609-57a60d4a8776%40sessionmgr113&vid=1&hid=117>
- Nováková, H., & Psotta, R. (2002). Explozivní schopnosti u fotbalistů. *Česká kinantropologie*, 6(1), 25-33.

- Papaevangelou, E., Metaxas, T., Riganas, Ch., Mandroukas, A., & Vamvakoudis, E. (2012). Evaluation of soccer performance in professional, semi-professional and amateur players of the same club. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(3), 362-370. Retrieved 21. 12. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c4d956d8-ebba-443f-b62d-caccaefe4e39%40sessionmgr110&vid=1&hid=117>
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Proske, U., Morgan, D. L., Brockett, C. L., & Percival, P. (2004). Identifying athletes at risk of hamstrings strains and how to protect them. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 31, 546-550.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2008). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Psotta, R. (2003). *Analýza intermitentní pohybové aktivity*. Praha: Karolinum, Univerzita Karlova.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada.
- Ratamess, N. A. (2008). Adaptations to anaerobic training programs. In T. R. Beachle, & W. R. Earle (Eds.), *Essentials of strength training and conditioning* (3rd ed.) (pp. 93-120). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T. E., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Micheli, L., Myklebust, G., Roos, E., Roos, H., Schamasch, P., Shultz, S., Werner, S., Wojtys, E., & Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 394-412. Retrieved 28. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=56efcae1-2611-4d86-a3a5-71f7ce306ccf%40sessionmgr112&vid=1&hid=103>

- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *43*, 556-568.
- Rokyta, R., Bernášková, K., Franěk, M., Kříž, N., Paul, T., Pekárková, I., Pometlová, M., Stančák, A., Šlamberová, R., Šulc, J., Vaculín, Š., & Yamamotová, A. (2008). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Schmid, S., & Alejo, B. (2002). *Complete conditioning for soccer*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Silvers, H. J., & Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury in the Female Athlete. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(1), 152-159.
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *9*, 313-321. Retrieved 27. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=7c243673-5dfe-44df-aeb4-531225b2df17%40sessionmgr198&vid=1&hid=121>
- Stejskal, P. (2002). Trénink v oblasti přetížení a možné důsledky. Možnosti časné diagnostiky a prevence přetrénování a optimalizace tréninku. In D. Tomajko (Ed.), *Sborník referátů ze 4. mezinárodního vědeckého semináře – Efekty pohybového zatížení v edukačním prostředí tělesné výchovy a sportu* (pp. 333-359). Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer: An Update. *Sports Medicine*, *35*(6), 501-536. Retrieved 1. 4. 2010 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=07b838b4-89d3-4ba780b4 dfdf88ab2cf0%40sessionmgr114&vid=1&hid=117>
- Thacker, S. B., Stroup, D. F., Branche, C. M., Gilchrist, J., Goodman, R. A., & Porter Kelling, E. (2003). Prevention of knee injuries in sports: a systematic review of the literature. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *43*(2), 165-179.

- Tourny-Chollet, C., & Leroy, D. (2002). Conventional vs. dynamic hamstring-quadriceps strength ratios: A comparison between players and sedentary subjects. *Isokinetics and Exercise Science, 10*, 183-192. Retrieved 28. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a332fb8c-6d49-4804-94cf-c9e90166d2b8%40sessionmgr112&vid=1&hid=117>
- Tourny-Chollet, C., Leroy, D., Delarue, Y., & Beuret-Blanquart, F. (2003). Isokinetic-based comparison of hamstrings – quadriceps ratio between soccer players and sedentary subjects [Abstract]. *Isokinetics and Exercise Science, 11*, 85-86. Retrieved 27. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=24daeea2-b670-4a83-8ea2-f7f6af70cd67%40sessionmgr115&vid=1&hid=117>
- Tourny-Chollet, C., Leroy, D., Léger, H., & Beuret-Blanquart, F. (2000). Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. *Isokinetics and Exercise Science, 8*, 187-193. Retrieved 27. 5. 2011 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8e2e7900-daad-47dc-8a56-66d317ff3fc9%40sessionmgr113&vid=1&hid=117>
- Trojan, S., Druga, R., Pfeiffer, J., & Votava, J. (2005). *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka* (3rd ed.). Praha: Grada.
- Votík, J. (2001). *Trenér fotbalu „B“ licence*. Praha: Olympia.
- Waldén, M., Hagglund, M., Werner, J., & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 13*, 3-10. Retrieved 21. 1. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=496148b5-bbb5-40b2-89eb-e8e67c8d6a63%40sessionmgr111&vid=1&hid=117>
- Weineck, J. (1996). Rozvoj silových schopností. *Fotbal a trénink, 1*, 17-22.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Physiology of sport and exercise* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.



- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 285-288.
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 36-41.
- Wright, J., Ball, N., & Wood, L. (2009). Fatigue, H/Q ratios and muscle coactivation in recreational football players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17, 161-167. Retrieved 29. 5. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f8a30d45-1fd0-46cd-9c5c-750e9e6f44d9%40sessionmgr111&vid=1&hid=117>
- Yde, J., & Nielsen, A. B. (1990). Sports injuries in adolescents' ball games: soccer, handball and basketball. *British Journal of Sports Medicine*, 24(1), 51-54. Retrieved 27. 3. 2012 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=fc644181-13b5-4512-b477-01a1d7484bbf%40sessionmgr104&vid=1&hid=121>
- Yeung, S. S., Suen, A. M. Y., & Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43, 589-594. Retrieved 27. 3. 2013 from EBSCO database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2cc6d7a6-6f2f-4e95-a01d-813de9fee70e%40sessionmgr115&vid=1&hid=117>
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

## 11 PŘÍLOHY

### Příloha 1. Informovaný souhlas o provedení testování

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI – FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

Informovaný souhlas

Svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu jako indikátor rizika zranění a její změny v průběhu ročního tréninkového cyklu u adolescentních sportovců.

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný souhlasím s mou účastí ve studii.
2. Byl jsem podrobně informován o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Porozuměl jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
3. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
4. S mojí účastí ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis řešitele pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:

## Příloha 2



Fakulta tělesné kultury  
Univerzity Palackého  
tř. Míru 115  
OLOMOUČ

### Vyjádření Etické komise FTK UP

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

Na základě žádosti ze dne 20.12.2011 byl projekt výzkumné práce (aplikovaného výzkumu) autora **doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr.**

s názvem

**Svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu jako indikátor rizika zranění a její změny v průběhu ročního tréninkového cyklu u adolescentních sportovců**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 57/2011

dne: 27.12.2011.

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

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP

PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.

předsedkyně

razítko fakulty

**Příloha 3.** Fixace probanda v oblasti ramen, pánve a stehna pracující končetiny



**Příloha 4.** PT [N·m] flexorů a extenzorů kolenního kloubu na DDK a NDK v koncentrickém a excentrickém režimu při rychlosti  $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$  – základní statistické charakteristiky (n=9)

Charakteristika	1. měření		2. měření		3. měření	
	M	SD	M	SD	M	SD
DDK-PT-Fcon	140,00	22,58	132,00	22,42	138,56	16,98
DDK-PT-Econ	214,78	34,05	217,22	33,71	218,00	36,14
NDK-PT-Fcon	129,56	17,67	128,00	17,73	133,00	24,23
NDK-PT-Econ	215,56	31,78	206,33	33,91	219,33	29,68
DDK-PT-Fecc	153,44	31,46	149,78	32,48	144,89	28,69
DDK-PT-Eecc	266,56	54,28	260,67	58,27	262,44	66,56
NDK-PT-Fecc	134,44	24,34	123,00	37,03	128,11	31,00
NDK-PT-Eecc	234,00	84,21	249,89	61,60	260,11	57,39

*Vysvětlivky:* DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; PT – peak torque (maximální moment síly); F – flexory kolenního kloubu; E – extenzory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce; ecc – excentrický režim svalové kontrakce; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka.

**Příloha 5.** Relativní PT [ $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] flexorů a extenzorů kolenního kloubu na DDK a NDK v koncentrickém a excentrickém režimu při rychlosti  $60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$  – základní statistické charakteristiky (n=9)

Charakteristika	1. měření		2. měření		3. měření	
	M	SD	M	SD	M	SD
DDK-PT/kg-Fcon	1,90	0,23	1,80	0,29	1,94	0,13
DDK-PT/kg-Econ	2,92	0,35	2,96	0,39	3,05	0,42
NDK-PT/kg-Fcon	1,76	0,17	1,74	0,20	1,86	0,26
NDK-PT/kg-Econ	2,93	0,36	2,81	0,40	3,07	0,35
DDK-PT/kg-Fecc	2,08	0,35	2,04	0,41	2,04	0,38
DDK-PT/kg-Eecc	3,62	0,63	3,55	0,75	3,69	0,89
NDK-PT/kg-Fecc	1,82	0,26	1,68	0,50	1,80	0,42
NDK-PT/kg-Eecc	3,18	1,08	3,40	0,80	3,66	0,80

*Vysvětlivky:* DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; PT/kg – peak torque (maximální moment síly) na kilogram hmotnosti; F – flexory kolenního kloubu; E – extenzory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce; ecc – excentrický režim svalové kontrakce; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka.

**Příloha 6.** AT [N·m] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v rozsahu 10-30° kolenní flexe na DDK a NDK v koncentrickém a excentrickém režimu při rychlosti 60°·s<sup>-1</sup> – základní statistické charakteristiky (n=9)

Charakteristika	1. měření		2. měření		3. měření	
	M	SD	M	SD	M	SD
DDK-AT <sub>10-30</sub> -Fecc	139,83	34,28	139,18	35,88	132,15	27,16
DDK-AT <sub>10-30</sub> -Econ	85,12	12,52	95,72	12,60	83,83	11,33
NDK-AT <sub>10-30</sub> -Fecc	126,11	24,51	118,27	36,96	105,73	25,24
NDK-AT <sub>10-30</sub> -Econ	84,82	9,03	89,32	13,40	79,68	9,88

*Vysvětlivky:* DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; AT<sub>10-30</sub> – average torque (průměrný moment síly) v rozsahu 10-30° kolenní flexe; F – flexory kolenního kloubu; E – extenzory kolenního kloubu; con – koncentrický režim svalové kontrakce; ecc – excentrický režim svalové kontrakce; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka.

**Příloha 7.**  $H/Q_{KON}$ ,  $H/Q_{FUN}$  a  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  na DDK a NDK při rychlosti  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  – základní statistické charakteristiky (n=9)

Charakteristika	1. měření		2. měření		3. měření	
	M	SD	M	SD	M	SD
DDK- $H/Q_{KON}$	0,66	0,09	0,61	0,09	0,65	0,09
NDK- $H/Q_{KON}$	0,61	0,11	0,63	0,10	0,61	0,11
DDK- $H/Q_{FUN}$	0,72	0,12	0,69	0,13	0,69	0,19
NDK- $H/Q_{FUN}$	0,63	0,09	0,59	0,13	0,58	0,12
DDK- $H/Q_{FUN_{10-30}}$	1,64	0,30	1,45	0,28	1,60	0,39
NDK- $H/Q_{FUN_{10-30}}$	1,49	0,27	1,31	0,31	1,34	0,33

*Vysvětlivky:* DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina;  $H/Q_{KON}$  – konvenční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu;  $H/Q_{FUN}$  – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu;  $H/Q_{FUN_{10-30}}$  – funkční poměr síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu v rozsahu  $10-30^{\circ}$  kolenní flexe; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka.