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

Michal Lehnert, Petr Chvojka, Rudolf Psotta

Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého, Olomouc, Česká republika

Předloženo v srpnu 2013

VÝCHODISKA: Síla má ve fotbale zásadní význam z hlediska sportovní výkonnosti i z hlediska prevence zranění. Informace o tom, jak se v průběhu ročního tréninkového cyklu mění svalová síla a poměr síly flexorů a extenzorů u mladých fotbalistů schází.

CÍLE: Cílem studie bylo posoudit z výkonnostního a zdravotního hlediska sezónní proměnlivost vybraných charakteristik izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu u elitních fotbalistů kategorie U19.

METODIKA: Síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu dominantní a nedominantní dolní končetiny byla měřena u hráčů kategorie U19 ($n = 9$; průměrný věk $18,5 \pm 0,4$ let) na izokinetickém dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) při úhlové rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$. Měření bylo provedeno v režimech svalové činnosti koncentrický/koncentrický a excentrický/excentrický před začátkem zimního přípravného období, po skončení zimního přípravného období a po skončení jarního soutěžního období. Pro vyhodnocení byly použity parametry maximální moment síly (M_{MAX}), konvenční poměr (H/Q_{KON}), tj. poměr M_{MAX} flexorů a extenzorů v koncentrickém režimu, funkční poměr (H/Q_{FUN}), tj. poměr M_{MAX} flexorů v excentrickém režimu a extenzorů v koncentrickém režimu a funkční poměr v rozsahu $10-30^\circ$ kolenní flexe ($H/Q_{FUN_{10-30}}$).

VÝSLEDKY: V průběhu sledovaného období došlo k signifikantním změnám maximálního momentu síly ($p < ,05$) pouze u extenzorů na nedominantní dolní končetině v koncentrickém režimu. Hodnocení dysbalance sil kolenních flexorů a extenzorů pomocí H/Q_{KON} a H/Q_{FUN} poměru neprokázalo signifikantní změny, avšak byl potvrzen statisticky významný pokles ($p = ,03$) hodnot $H/Q_{FUN_{10-30}}$ na dominantní dolní končetině mezi měřeními na začátku a na konci zimního přípravného období.

ZÁVĚRY: Výsledky studie ukázaly, že ve sledovaných obdobích ročního tréninkového cyklu nedošlo u souboru fotbalistů k žádoucím změnám síly kolenních

flexorů a extenzorů. Hodnoty, resp. pokles hodnot funkčních poměrů ukazují na možnost narušení dynamické stabilizace kolenního kloubu. Rozdílná dynamika změn poměrů H/Q_{KON} , H/Q_{FUN} a $H/Q_{FUN_{10-30}}$ potvrdila, že tyto charakteristiky poskytují odlišné informace o tělesné kondici hráčů. Z uvedeného důvodu doporučujeme při diagnostice síly fotbalistů využívat všech tří poměrů.

Klíčová slova: fotbal, funkční H/Q poměr, konvenční H/Q poměr, maximální moment síly, periodizace, síla, zranění.

ÚVOD

Síla je důležitou komponentou specifické kondice sportovců a má zásadní význam nejen z hlediska sportovní výkonnosti, ale rovněž z hlediska prevence zranění (Cheung, Smith, & Wong, 2012; Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009). Ve fotbale se při specifických pohybech jako jsou sprinty, výskoky, osobní souboje, změny směru a kopy do míče významně uplatňuje svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu (Bradley, Sheldon, Wooster, Olsen, Boanas, & Krusturp, 2009; Bravo, Impellizzery, Rampinini, Castagna, Bishop, & Wisloff, 2008; Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006; Verheijen, 1998).

Unilaterální a bilaterální asymetrie síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu jsou jednou z příčin zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (Bangsbo, 1994; Croisier, 2004; Dauty, Potiron, & Rochcongar, 2003; Iga, George, Lees, & Reilly, 2006; Li, Maffulli, Hsu, & Chan, 1996; Söderman, Alfredson, Pietilä, & Werner, 2001). Fotbalové herní činnosti jsou ve značné míře jednostranné, což může způsobovat bilaterální svalové dysbalance dolních končetin, které mohou být jednou z příčin svalových zranění. 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; Colak, 2012; Coombs & Garbutt, 2002; Dauty et al., 2003; Houweling & Hamzeh, 2010; Lehance et al., 2009). Ve sportu a v rehabilitaci jsou poměry H/Q 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 (Croisier, 2004).

Většina autorů se shoduje, že je-li tzv. konvenční poměr síly hamstringů a kvadricepsu, tj. poměr při koncentrické kontrakci (H/Q_{KON}), v případě rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ menší než 0,6 (60 %), pravděpodobnost výskytu zranění hamstringů se zvyšuje (Dauty et al., 2003; Yeung, Suen, & Yeung, 2009). 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 (Dauty et al., 2003; Dvir, 2004). Poměrem H/Q_{KON} při nízkých rychlostech ($60^\circ \times s^{-1}$) je možné určit výskyt předchozího zranění (zejména hamstringů) (Houweling, Head, & Hamzeh, 2009). 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, Ball, & Wood, 2009).

Jiní autoři naopak upozorňují na význam současné aktivace excentricky pracujících hamstringů v extenzích kolenního kloubu a jejich dynamickou roli při udržování stability kolenního kloubu (Coombs & Garbutt, 2002). Ačkoliv se může současná aktivace hamstringů během koncentrické kolenní extenze zdát jako kontraproduktivní, 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 předního zkříženého vazy (Tourny-Chollet & Leroy, 2002). Uvedené poznatky vedly k vývoji tzv. funkčního poměru síly hamstringů a kvadricepsu (H/Q_{FUN}), tj. poměru maximální excentrické síly hamstringů a maximální koncentrické síly kvadricepsu (Dvir, Eger, Halperin, & Shklar, 1989). Zatímco poměr H/Q_{KON} poukazuje na svalovou dysbalanci, poměr H/Q_{FUN} vyjadřuje schopnost flexorů kolene brzdit pohyb prováděný zapojením kvadricepsu (De Ste Croix, 2007; Dvir, 2004). Hodnota poměru H/Q_{FUN} 1,0 (100 %) při úhlové rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ vyjadřuje rovnováhu mezi silou kolenních flexorů a extenzorů, a tedy jejich optimální schopnost dynamické stabilizace kolenního kloubu (Aagaard, Simonsen, Anderson, Magnusson, Bojsen-Moller, & Dyhre-Poulsen, 2000; Coombs & Garbutt, 2002). Hodnoty poměrů nad 0,7 (70 %) se považují za dostačující (Dauty et al., 2003).

Epidemiologická zjištění ukazují důležitost úhlu v kloubu a úhlové rychlosti při výpočtu především funkčního poměru hamstringů a kvadricepsu. Bylo zjištěno, že k ruptuře předního zkříženého vazy dochází obvykle v blízkosti plné extenze ($0-30^\circ$ kolenní flexe) při pohybech vysoké rychlosti. Avšak koncentrický a excentrický maximální moment síly (M_{MAX}) 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 stanovit funkční poměr H/Q_{FUN} pomocí hodnot momentu síly ve specifických úhlech blízkých plné extenzi. Další užitečnou formou může být stanovení funkčního poměru H/Q_{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).

V průběhu ročního tréninkového cyklu se v rámci jeho periodizace pro zvýšení maximální síly a explosivity zařazují fáze tréninku síly zaměřené na vyvolání relativně odlišných adaptací (Bompa & Carrera, 2004; Fleck & Kraemer, 2004; Wirth & Schmidtleicher, 2007). V přechodném období a na začátku přípravného období převládá nespecifický trénink s cílem připravit svaly, vazy, šlachy a klouby pro nadcházející zatížení a kompenzovat individuální nedostatky. Postupně se trénink síly stává více specifickým s tendencí zvyšování intenzity. Trénink je zaměřen na zvyšování síly na základě zlepšení nervosvalové koordinace, ale i hypertrofie, je-li to žádoucí, a následně na uplatnění síly při specifických fotbalových pohybech (Gamble, 2010; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005; Schmid & Alejo, 2002; Ratamess, 2008). V průběhu soutěžního období je důležité úroveň síly udržet a zejména u mladých hráčů ji dále zvyšovat. Nicméně v průběhu soutěžního období může docházet ke ztrátě některých adaptací a k jejímu poklesu (Mujika & Padilla, 2000).

Přestože existuje velký počet studií zaměřených na hodnocení izokinetické síly dolních končetin u fotbalistů, tyto studie se zaměřují na zhodnocení síly po absolvování tréninkového programu v přípravném období (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003; Gioftsidos, Ispirlidis, Pafis, Malliou, Bikos, & Godolias, 2008) nebo v soutěžním období (Brito et al., 2010; Steffen, Bakka, Myklebust, & Bahr, 2008). Studie, ve kterých je sledována izokinetická síla svalů dolních končetin ve více obdobích ročního tréninkového cyklu, jsou ojedinělé (Eniseler, Sahan, Vurgun, & Mavi, 2012; Malliou, Ispirlidis, Beneka, Taxildaris, & Godolias, 2003). Tyto studie byly navíc provedeny pouze u profesionálních fotbalistů seniorské kategorie. Otázka, jak se v průběhu ročního tréninkového cyklu může měnit síla flexorů a extenzorů a její poměr u mladých fotbalistů, proto zůstává nezodpovězena. Cílem studie je posoudit z výkonnostního a zdravotního hlediska sezónní proměnlivost vybraných charakteristik izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu u elitních fotbalistů kategorie U19.

METODIKA

Výzkumný soubor

Soubor probandů tvořilo devět hráčů (průměrný věk $18,5 \pm 0,4$ roků) kategorie U19 hrajících nejvyšší soutěž v ČR v dané kategorii. Z původního dvacetičlenného souboru bylo vyřazeno jedenáct hráčů z důvodu neúčasti na všech měřeních v důsledku zranění nebo účasti na reprezentačních srazech. Celkem osm probandů mělo dominantní pravou dolní končetinu, jeden levou dolní končetinu. Funkční laterálita dolních končetin byla stanovena podle preference dolní

končetiny při kopu do míče. Všichni probandi byli seznámeni s cílem a metodikou měření, souhlasili s participací na výzkumu a s použitím získaných dat pro výzkumné účely. Studie byla schválena etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Postup měření

Testování předcházelo rozcvičení probandů s cílem přípravy na maximální silový výkon. Rozcvičení se skládalo z rozehrátí na bicyklovém ergometru po dobu 6 minut, poté následoval 5minutový strečink s využitím postizometrické relaxace testovaných svalových partií.

Unilaterální koncentrická síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla měřena použitím izokinetického dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Probandi byli testováni v pozici vsedě s rukama na madlech podél sedadla. Opěrka sedadla byla sklopena o 15°, úhel v kyčelním kloubu byl přibližně 110°. Probandi byli zafixováni v oblasti ramen, pánve a stehna pracující končetiny. Osa otáčení dynamometru byla shodná s osou otáčení kolenního kloubu (laterální femorální kondyl). Rameno páky dynamometru bylo zafixováno v distální části bérce, umístěno 2,5 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°, přičemž výchozí poloha byla 10° flexe a konečná 90° flexe v kolenním kloubu. Pro měření byla použita úhlová rychlost $60^\circ \times s^{-1}$ (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 po 6 opakováních. Účelem rozcvičovací série byla familiarizace a proband byl v této sérii veden k postupnému zvyšování intenzity. Po 30sekundovém 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 (Tabulka 1). Interval zotavení mezi měřeními v jednotlivých rychlostech byl 1 min., mezi měřeními pravé a levé dolní končetiny 3 min. V průběhu měření byla probandům poskytována zpětná vazba v podobě křivky momentu svalové síly na monitoru dynamometru.

Tabulka 1

Schéma testovacího protokolu pro jednu dolní končetinu

	1. série	2. série	3. série	4. série
RČ	con/con	con/con	ecc/ecc	ecc/ecc
PO	6	6	6	6
ZS	rozcvičovací	testovací	rozcvičovací	testovací

Vysvětlivky: RČ – režim svalové činnosti; PO – počet opakování; ZS – zaměření série; con/con – koncentrická flexe následovaná koncentrickou extenzí; ecc/ecc – excentrická flexe následovaná excentrickou extenzí

Z naměřených hodnot byl pro vyhodnocení použit M_{MAX} a průměrný moment síly z redukovaného rozsahu pohybu $10-30^\circ$ ($M_{MAX_{10-30}}$). Dále byl vydělením hodnot M_{MAX} flexorů a extenzorů v koncentrickém režimu vypočten konvenční poměr síly H/Q_{KON} . Pomocí hodnot M_{MAX} flexorů v excentrickém a M_{MAX} extenzorů v koncentrickém režimu byl vypočten funkční poměr H/Q_{FUN} a dělením hodnot $M_{MAX_{10-30}}$ flexorů v excentrickém a extenzorů v koncentrickém režimu byl vypočten funkční poměr $H/Q_{FUN_{10-30}}$.

Termíny měření

První měření proběhlo před začátkem zimního přípravného období v lednu 2012. Druhé měření následovalo po 10 týdnech zimního přípravného období v únoru 2012. Třetí měření bylo uskutečněno v červnu 2012 po skončení jarního soutěžního období.

Tréninkové zatížení hráčů

Sledované tréninkové období trvalo celkem 22 týdnů (10 týdnů zimní přípravné období, 12 týdnů jarní soutěžní období). Tréninkový program vycházel z modelu, který je v klubu dlouhodobě používán. Hodnoty ukazatelů tréninkového zatížení hráčů ve sledovaných obdobích jsou uvedeny v Tabulce 2 a 3.

Tabulka 2

Ukazatele tréninkového zatížení hráčů v přípravném období

Tréninkové zatížení	Čas (min.)
1. Kondiční trénink	
a) Trénink síly	
- plyometrický trénink	180
- trénink jádra těla	540
- trénink maximální síly	360

b) Trénink rychlosti bez míče	480
c) Trénink vytrvalosti bez míče	480
2. Dovednostně orientovaný trénink	
a) Technicko-taktický trénink	240
b) Herní trénink	450
3. Utkání	720
4. Regenerace	270

Tabulka 3

Ukazatele tréninkového a soutěžního zatížení hráčů v soutěžním období

Tréninkové zatížení	Čas (min.)
1. Kondiční trénink	
a) Trénink síly	
- plyometrický trénink	90
- trénink jádra těla	360
- trénink maximální síly	180
b) Trénink rychlosti bez míče	180
c) Trénink vytrvalosti bez míče	420
2. Dovednostně orientovaný trénink	
a) Technicko-taktický trénink	1 080
b) Herní trénink	840
3. Utkání	1 080
4. Regenerace	540

Trénink síly v přípravném období obsahoval 1× týdně trénink maximální síly a 1× týdně plyometrický trénink a trénink jádra těla. V soutěžním období došlo k redukci objemu tréninku síly.

Statistické zpracování dat

Pro popis sledovaných parametrů byl vypočten průměr a směrodatná odchylka. Ke stanovení významnosti rozdílů sledovaných parametrů byla použita Friedmanova jednofaktorová ANOVA ($p < ,05$). Významnost rozdílů mezi jednotlivými měřeními byla stanovena pomocí Wilcoxonova párového testu. Pro statistické zpracování dat byl použit software Statistica, v. 10 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA).

VÝSLEDKY

V koncentrickém režimu se výsledky u extenzorů dominantní dolní končetiny (DDK) a nedominantní dolní končetiny (NDK) lišily (Obrázek 1 a 2). Signifi-

kanční efekt času byl pozorován pouze v případě M_{MAX} extenzorů v koncentrickém režimu na NDK (Tabulka 4). Hlubší analýza ukázala na statisticky významný rozdíl ($p = ,03$) mezi druhým a třetím měřením (po absolvování přípravného období a na konci soutěžního období). V případě průměrných hodnot M_{MAX} flexorů nebyly změny na DDK ani na NDK statisticky významné (Obrázek 1 a 2).

Obrázek 1

Průměrné hodnoty maximálního momentu síly [$N \times m$] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na dominantní dolní končetině při rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ v jednotlivých měřeních

Obrázek 2

Průměrné hodnoty maximálního momentu síly [$N \times m$] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu na nedominantní dolní končetině při rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ v jednotlivých měřeních

Tabulka 4

Změny v hodnotách maximálního momentu síly [$\text{N} \times \text{m}$] flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na dominantní a nedominantní dolní končetině v koncentrickém režimu ($n = 9$)

	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
$M_{\text{MAX_Fcon}}-1, 2, 3$	0,06	,97	0,94	,63
$M_{\text{MAX_Econ}}-1, 2, 3$	1,77	,41	6,00	< ,05*

Vysvětlivky: χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; * – statisticky významné hodnoty ($p < ,05$); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; $M_{\text{MAX_Fcon}}$ – maximální moment síly flexorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu; $M_{\text{MAX_Econ}}$ – maximální moment síly extenzorů kolenního kloubu v koncentrickém režimu; 1, 2, 3 – jednotlivá měření v průběhu ročního tréninkového cyklu

V excentrickém režimu nebyly změny M_{MAX} v žádném případě statisticky významné (Tabulka 5). Zatímco u extenzorů NDK došlo v průběhu sledovaného období k zvýšení M_{MAX} o $26 \text{ N} \times \text{m}$, u flexorů jsme pozorovali opačný trend (Obrázek 3 a 4).

Tabulka 5

Změny v hodnotách maximálního momentu síly [$\text{N} \times \text{m}$] flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na dominantní a nedominantní dolní končetině v excentrickém režimu ($n = 9$)

	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
$M_{\text{MAX_Fecc}}-1, 2, 3$	0,667	,717	0,743	,700
$M_{\text{MAX_Eecc}}-1, 2, 3$	0,889	,641	2,667	,264

Vysvětlivky: χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti; * – statisticky významné hodnoty ($p < ,05$); DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; $M_{\text{MAX_Fecc}}$ – maximální moment síly flexorů kolenního kloubu v excentrickém režimu; $M_{\text{MAX_Eecc}}$ – maximální moment síly extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu; 1, 2, 3 – jednotlivá měření v průběhu ročního tréninkového cyklu

Obrázek 3

Průměrné hodnoty maximálního momentu síly [$\text{N} \times \text{m}$] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu na dominantní dolní končetině při rychlosti $60^\circ \times \text{s}^{-1}$ v jednotlivých měřeních

Obrázek 4

Průměrné hodnoty maximálního momentu síly [$\text{N} \times \text{m}$] flexorů a extenzorů kolenního kloubu v excentrickém režimu na nedominantní dolní končetině při rychlosti $60^\circ \times \text{s}^{-1}$ v jednotlivých měřeních

Obrázek 5

Průměrné hodnoty H/Q_{KON} na dominantní dolní končetině (DDK) a nedominantní dolní končetině (NDK) při rychlosti $60^\circ \times \text{s}^{-1}$ v jednotlivých měřeních

Průměrné hodnoty H/Q_{FUN} na DDK se pouze v prvním měření pohybovaly nad hraniční hodnotou (0,7) a ve druhém a třetím měření klesly těsně pod hraniční hodnotu. Na NDK se hodnoty H/Q_{FUN} nacházely pod hraniční hodnotou ve všech třech měřeních (Obrázek 6).

Obrázek 6

Průměrné hodnoty H/Q_{FUN} na dominantní dolní končetině (DDK) a nedominantní dolní končetině (NDK) při rychlosti $60^\circ \times \text{s}^{-1}$ v jednotlivých měřeních

V případě $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ došlo na DDK i NDK k poklesu průměrné hodnoty ve druhém měření a následnému nárůstu ve třetím měření. Ve všech měřeních byly hodnoty $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ na DDK vyšší než na NDK (Obrázek 7).

Obrázek 7

Průměrné hodnoty $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ na dominantní dolní končetině (DDK) a nedominantní dolní končetině (NDK) při rychlosti $60^\circ \times \text{s}^{-1}$ v jednotlivých měřeních

DISKUSE

V souladu s ostatními studiemi dosahovali hráči našeho souboru v koncentrickém režimu vyšších hodnot M_{MAX} při extenzi (koncentrická práce extenzorů) než při flexi (koncentrická práce flexorů), a to na DDK i NDK (Lehance et al., 2009; Tourny-Chollet, Leroy, Léger, & Beuret-Blanquart, 2000). V excentrickém režimu dosahovali vyšších hodnot M_{MAX} ve flexi (excentrická práce extenzorů) než v extenzi (excentrická práce flexorů), a to na DDK i NDK (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010; Tourny-Chollet et al., 2000). Síla v excentrickém režimu byla vždy vyšší než v koncentrickém režimu (Kellis, Gerodimos, Kellis, & Manou, 2001; Tourny-Chollet et al., 2000).

Podle Brown (2000) se izokinetická síla zdá být citlivým ukazatelem změn v síle způsobené jinými druhy silového tréninku. Výsledky provedené studie ukazují, že hodnoty M_{MAX} flexorů a extenzorů kolenního kloubu se u sledovaného souboru fotbalistů mezi měřeními na začátku přípravného období, na konci zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období měnily odlišně. Nicméně ke statisticky významným změnám došlo pouze v případě M_{MAX} exten-

zorů na NDK v koncentrickém režimu svalové kontrakce. Z hlediska kondice hráčů a herního výkonu je rovněž podstatný rozdíl hodnot M_{MAX} extenzorů NDK v excentrickém režimu mezi prvním a třetím měřením (zvýšení o 11 %). Statistická významnost rozdílů však nebyla potvrzena.

Mezi měřeními na začátku a na konci zimního přípravného období jsme zaznamenali pokles 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 M_{MAX} na DDK a poklesu (4 %) na NDK, v excentrickém režimu došlo k poklesu hodnot M_{MAX} na DDK (2 %) a k nárůstu na NDK (7 %). Absence významných pozitivních změn může mít více příčin. V přípravném období byl trénink maximální síly dolních končetin zařazen pouze 1× týdně, což lze z hlediska zvyšování síly považovat za nedostatečné. Dalším důvodem mohou být nedostatky ve skladbě tréninku. Ten byl kombinací intenzivního tréninku vytrvalosti, rychlosti a síly, což mohlo mít za důsledek stagnaci sledovaných silových parametrů (Fleck & Kraemer, 1987; Fry, 2004). Jako další vysvětlení se nabízí nedostatečná kompenzace vysokého tréninkového zatížení v přípravném období, na což ukazuje zpětná analýza tréninkového zatížení. Tato skutečnost mohla vést ke kumulaci únavy a tím ke snížení síly testovaných svalových skupin. Uvedenou domněnku podporují rovněž výsledky dřívější studie provedené u kategorie U19 stejného klubu (Botek et al., 2010). Síla svalů dolních končetin sledovaných hráčů po absolvování přípravného období stagnovala, a to i přes to, že v jeho průběhu prováděli dvakrát týdně podřepy (90° v kolenním kloubu) s 85–90 % 1 OM.

Porovnání výsledků na konci zimního přípravného období a na konci jarního soutěžního období ukazuje, že došlo ke zvýšení hodnot M_{MAX} flexorů v koncentrickém režimu na DDK (5 %) i NDK (4 %), zatím co síla extenzorů v koncentrickém režimu na DDK stagnovala, resp. se zvýšila na NDK (6 %). Výsledky měření síly v excentrickém režimu ukazují na snížení hodnot M_{MAX} flexorů na DDK (3 %) a zvýšení na NDK (4 %). Síla extenzorů v excentrickém režimu stagnovala na DDK a zvýšila se na NDK (4 %). Z výše uvedených změn se lze domnívat, že v průběhu jarního soutěžního období se maximální síla měřených svalů dolních končetin u měřených hráčů významně nezměnila. V tomto období byl trénink maximální síly zařazen jedenkrát týdně, což společně s herním a soutěžním zatížením bylo pravděpodobně pro signifikantní zvýšení síly nedostačující. Při interpretaci výsledků hodnot M_{MAX} flexorů a extenzorů kolenního kloubu u sledované skupiny hráčů musíme vzít v úvahu tři aspekty. Za prvé je třeba vzít v úvahu malý počet sledovaných probandů. Za druhé, ačkoliv byla reliabilita měření izokinetického dynamometru IsoMed 2000 shledána jako vysoká (Dirnberger, Kösters, & Müller, 2012), je při interpretaci výsledků izokinetického testování

nutné počítat s chybou měření. Za třetí, srovnání s výsledky elitních fotbalistů stejné nebo podobné kategorie ukazuje na rezervy v síle svalových skupin a prostor pro zlepšování. V porovnání s hráči U19 studie Botek et al. (2010) naši hráči celkově dosahovali v prvním měření nižších hodnot M_{MAX} flexorů (DDK 15 %, NDK 24 %) i extenzorů (DDK 9 %, NDK 12 %), přičemž ve druhém měření došlo jen k minimálním změnám v silovém deficitu hráčů. Výsledky studie Lehnerta, Urbana, Procházky, a Psotty (2011), uskutečněné na konci soutěžního období u o rok mladší kategorie U18 ($n = 15$), v rámci které byla měřena izokinetická síla v koncentrickém režimu (DDK: $F = 132,0 \pm 20,0$, $N \times m$, $E = 225,8 \pm 36,4$, $N \times m$, NDK: $F = 129,6 \pm 19,5$, $N \times m$, $E = 216,2 \pm 34,7$, $N \times m$) ukazují na srovnatelnou úroveň M_{MAX} flexorů a extenzorů kolenního kloubu obou souborů. Rovněž porovnání s výsledky dospělých fotbalistů naznačuje potřebu dalšího zvyšování síly svalů dolních končetin (Cometti et al., 2001; Cotte & Chatard, 2011; Eniseler et al., 2012; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010; Gioftsidou et al., 2008; Lehance et al., 2009; Malý, Zahálka, & Malá, 2011).

Dynamiku změn M_{MAX} v průběhu sledovaných období ročního tréninkového cyklu je možno v případě koncentrické síly extenzorů porovnat s hráči první belgické divize ($n = 57$, průměrný věk $27,2 \pm 3,2$), které testovali Malliou et al. (2003) na konci soutěžního období (DDK = $233,8 \pm 26,9$, $N \times m$, NDK = $230,9 \pm 25,0$, $N \times m$), po přechodném období (DDK = $234,0 \pm 30,0$, $N \times m$, NDK = $277,7 \pm 28,5$, $N \times m$) a po ukončení přípravného období (DDK = $228,8 \pm 22,5$, $N \times m$, NDK = $222,5 \pm 33,5$, $N \times m$). Autoři zaznamenali po přípravném období mírný pokles hodnot M_{MAX} extenzorů (2 %) na obou dolních končetinách, zatímco u našich hráčů byl pozorován pokles hodnot M_{MAX} extenzorů na NDK (4 %) a stagnace hodnot M_{MAX} extenzorů na DDK.

Izokinetickou sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu u profesionálních tureckých fotbalistů ($n = 14$, průměrný věk $25,8 \pm 3,9$, resp. $26,3 \pm 3,9$) a její změny po 24 týdnech přípravného a soutěžního období sledovali Eniseler et al. (2012). Autoři zjistili, že hodnoty při rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ se mezi měřeními signifikantně nezměnily (DDK: $F_1 = 150,49 \pm 19,92$, $N \times m$; $F_2 = 177,97 \pm 64,84$, $N \times m$; DDK: $E_1 = 272,72 \pm 38,98$, $N \times m$; $E_2 = 253,03 \pm 42,16$, $N \times m$; NDK: $F_1 = 148,24 \pm 15,30$, $N \times m$; $F_2 = 158,86 \pm 40,39$, $N \times m$; NDK: $E_1 = 271,61 \pm 38,66$, $N \times m$; $E_2 = 250,93 \pm 54,24$, $N \times m$). Hráči neabsolvovali 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 nevede k signifikantním změnám v izokinetické síle flexorů a extenzorů kolenního kloubu v nízkých úhlových rychlostech pohybu.

Svalové dysbalance mezi kolenními flexory a extenzory u fotbalistů byly hodnoceny pomocí konvenčního (H/Q_{KON}) a funkčních (H/Q_{FUN} a $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$) poměrů (Ayala et al., 2012; Houweling, Head, & Hamzeh, 2009; Kannus, 1994). 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. Změny H/Q_{KON} u našeho souboru můžeme porovnat s výsledky seniorských hráčů výše uvedené studie Eniseler et al. (2012). Při rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ došlo u hráčů během přípravného a soutěžního 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 ve vybraném období nedošlo při rychlosti $60^\circ \times s^{-1}$ k významným změnám dysbalance sil kolenních flexorů a extenzorů.

Výsledky H/Q_{KON} poměru naší skupiny jsou srovnatelné s výsledky jednorázového měření skupin belgických profesionálních hráčů, hráčů U21 a U17, které sledovali Lehance et al. (2009) a lepší ve srovnání s výsledky jednorázového měření skupiny českých elitních juniorských hráčů (průměrný věk $18,5 \pm 0,4$ let) (Malý, Zahálka, & Malá, 2010). Hodnoty H/Q_{FUN} poměru, které dosáhl námi sledovaný soubor fotbalistů na DDK, se pohybují na hranici 0,7 (70 %), která je považována za dostatečnou z hlediska stabilizace kolenního kloubu (Dauty et al., 2003). Za závažné zjištění považujeme zjištěné nižší hodnoty H/Q_{FUN} poměru v jednotlivých měřeních na NDK (první měření: 0,63; druhé měření: 0,59; třetí měření: 0,58). Tento stav poukazuje na vyšší míru dysbalance mezi silou kolenních flexorů a extenzorů a tedy narušení dynamické stabilizace kolenního kloubu v extenzích kolene. Pokles hodnot H/Q_{FUN} ve druhém a třetím měření může ukazovat na rezervy v kondiční přípravě zaměřené na prevenci zranění. Hodnoty $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ poměru hráčů našeho souboru nelze srovnávat s hodnotami získanými při výpočtu poměru H/Q_{FUN} v plném rozsahu pohybu. Můžeme je orientačně srovnat pouze s výsledky souboru dospělých rekreačních sportovců a sportovců (Ayala et al., 2012). Námi sledovaní hráči dosáhli ve všech měřeních v průběhu RTC vyšších hodnot $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ poměru, což ukazuje na lepší předpoklady hamstringů pro stabilizaci kolenního kloubu v počátečních fázích extenze a tím ke snižování napětí předního zkříženého vazů. Z hlediska dynamiky změn jsme zaznamenali nevýznamné snížení hodnot poměru ve druhém a třetím měření (na konci zimního přípravného, resp. v průběhu soutěžního období), oproti prvnímu měření, což podporuje výše uvedenou domněnku o nedostacích v tréninku síly dolních končetin se zaměřením na prevenci zranění.

ZÁVĚRY

V průběhu zimního přípravného období a jarního soutěžního období nedošlo u sledovaného souboru fotbalistů k žádoucím změnám síly kolenních flexorů a extenzorů. Hodnoty H/Q_{FUN} u NDK, pokles hodnot H/Q_{FUN} ve druhém a třetím měření a statisticky významný pokles hodnot $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ na DDK mezi prvním a druhým měřením ukazují na možnost narušení dynamické stabilizace kolenního kloubu. Rozdílná dynamika změn hodnot poměrů H/Q_{KON} , H/Q_{FUN} a $H/Q_{\text{FUN}_{10-30}}$ potvrdila, že tyto charakteristiky poskytují odlišné informace o tělesné kondici hráčů. Z uvedeného důvodu doporučujeme při diagnostice síly fotbalistů využívat všech tří parametrů.

DEDIKACE

Studie vznikla za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky při řešení výzkumného záměru „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ s identifikačním kódem MSM 6198959221 a za podpory výzkumného grantu Univerzity Palackého v Olomouci FTK_2012_006.

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.
- 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.
- Bangsbo, J. (1994). Physiological demands. In B. Ekblom (Ed.), *Football (Soccer)* (pp. 43–59). London: Blackwell Scientific.
- Bompa, T., & Carrera, M. (2005). *Periodization training for sports* (2nd ed.). 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.

- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168.
- Bravo, D. F., Impellizzery, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(8), 668–674.
- Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science*, 18(4), 211–215.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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.
- 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.
- Croisier, J. L. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Medicine*, 34, 681–695.
- 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.
- Dirnberger, J., Kösters, A., & Müller, E. (2012). Concentric and eccentric isokinetic knee extension: A reproducibility study using the IsoMed 2000-dynamometer. *Isokinetics and Exercise Science*, 20, 31–35.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. Muscle testing, interpretation and clinical applications*. London: Elsevier Health Science
- Dvir, Z., Eger, G., Halperin, N., & Shklar, A. (1989). Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. *Clinical Biomechanics*, 4, 87–91.
- Eniseler, N., Şahan, Ç., 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.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2004). *Designing resistance training programs*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- 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, 602–606.
- 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.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34, 663–679.
- Gamble, P. (2010). *Strength and conditioning for team sports: Sport-specific physical preparation for high performance*. London; New York, N. Y.: Routledge.
- 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.
- Gioftsidou, A., Beneka, A., Malliou, P., Pafis, G., & Godolias, G. (2006). Soccer players' muscular imbalances: Restoration with an isokinetic strength training program. *Perceptual and Motor Skills*, 103, 151–159.
- 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.
- Houweling, T. A. W., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of isokinetic testing for previous injury detection in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(4), 213–220.
- Chan, K. M., & Maffuli, N. (1996). *Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation*. Hong Kong: William & Wilkins Asia-Pacific Ltd.
- 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.
- 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.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- Malý, T., Zahálka, F., & Malá, L. (2011). Differences between isokinetic strength characteristic of more and less successful professional soccer teams. *Journal of Physical Education and Sport*, 11, 306–312.
- 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), 14–23.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000a). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. *Sports Medicine*, 30(2), 79–87.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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.
- Schmid, S., & Alejo, B. (2002). *Complete conditioning for soccer*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: A prospective investigation during one outdoor season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9, 313–321.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35, 501–536.
- 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.
- 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.
- Verheijen, R. (1998). *Conditioning for soccer*. Spring City: Reedswain.
- Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2007). Periodisierung im schnellkrafttraining. *Leistungssport*, 37(2), 16–20.

- 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.
- 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.

Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.
Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
třída Míru 117
771 11 Olomouc
e-mail: michal.lehnert@upol.cz

SEASONAL VARIATION IN ISOKINETIC STRENGTH OF KNEE FLEXORS AND EXTENSORS IN SOCCER PLAYERS

BACKGROUND: Muscle strength is an important factor in soccer from the performance and health perspective. There is a lack of knowledge about changes in muscle strength of the knee flexors and extensors and their ratios during annual training cycle.

OBJECTIVES: The aim of this study was to evaluate the seasonal variability of the observed parameters of isokinetic strength of the knee flexors and extensors in soccer players, U19, from the performance and health perspective.

METHODS: The strength of the knee flexors and extensors was measured in players U19 category ($n = 9$; the average age 18.5 ± 0.4 years) on the isokinetic dynamometer IsoMed 2000 in angular velocity $60^\circ \times s^{-1}$. Measurement was performed in concentric/concentric and excentric/excentric mode of muscle action at the beginning of the winter preparatory period, at the end of the preparatory period and at the end of the spring competitive period. Monitored parameters were absolute peak torque (PT), conventional H/Q ratio (H/Q_{CON}), functional H/Q ratio (H/Q_{FUN}) and functional H/Q ratio in range $10-30^\circ$ of knee flexion ($H/Q_{FUN_{10-30}}$).

RESULTS: Significant change in PT ($p < .05$) was noted only in cases of the knee extensors of the nondominant leg in the concentric mode. The evaluation of imbalance of the knee flexors and extensors by H/Q_{CON} and H/Q_{FUN} ratios did not show any significant changes, but there was found a significant decrease of the $H/Q_{FUN_{10-30}}$ ratio in the dominant leg between measurements at the beginning and at the end of the winter preparatory period.

CONCLUSIONS: The results of the current study indicate that throughout the monitored periods of the annual training cycle desirable changes in knee flexors and extensors strength did not occur. The values suggest the disruption of the dynamic stabilization of the knee joint and increase in injury risk. Different dynamics of the three observed ratios confirmed that they provide different information about the physical fitness of players. For this reason we recommend the use of all of them in strength diagnostics in soccer.

Key words: conventional H/Q ratio, functional H/Q ratio, peak torque, periodization, soccer, strength, injury.